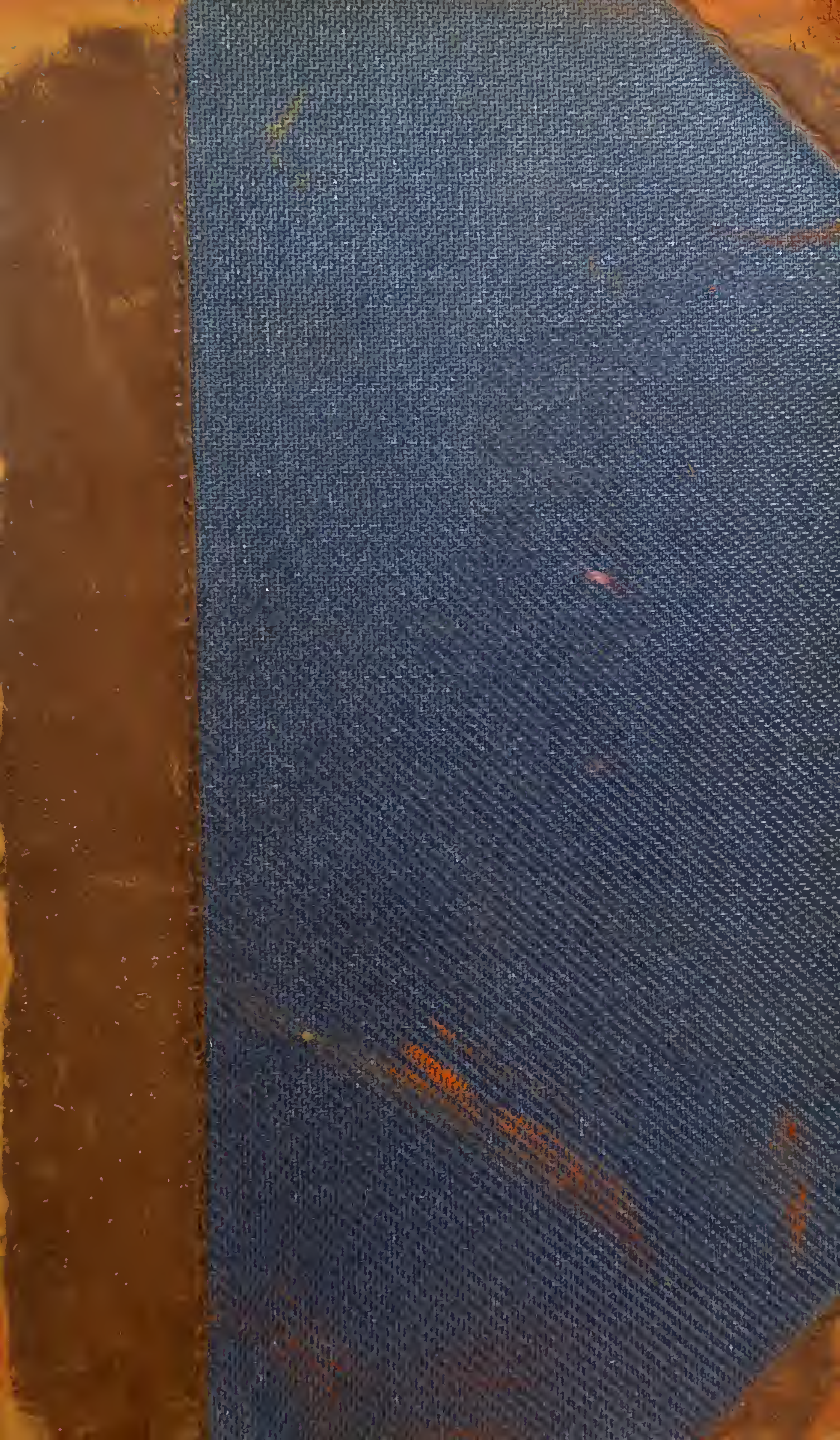
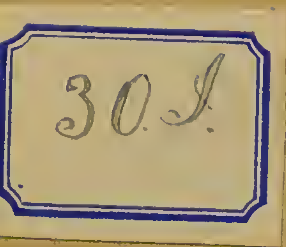
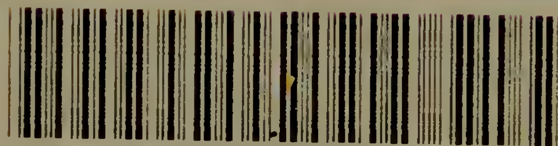



30.I.


22102025376

SUR

LA GÉNÉRATION DES FERMENTS

CLICHY. — IMPRIMERIE DE PAUL DUPONT, RUE DU BAC-D'ASNIÈRES, 12.

SUR LA GÉNÉRATION
DES FERMENTS

PAR

E. FREMY

Membre de l'Académie des Sciences

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE ET AU MUSEUM
D'HISTOIRE NATURELLE.



Les ferments ne sont pas engendrés par les poussières de l'air, mais par les organismes vivants : la vie elle-même produit donc les agents de destruction qui déterminent la mort.

G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
17, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1875

SUR

LA GÉNÉRATION DES FERMENTS

INTRODUCTION

En abordant les questions qui se rapportent à la génération des ferments, il me paraît utile de faire connaître d'abord le sens et la portée que j'attache aux expressions de *fermentation* et de *ferment*.

Pour moi, les phénomènes de fermentation sont beaucoup plus étendus qu'on ne l'admet généralement, et embrassent un grand nombre de décompositions organiques.

Lorsque les corps créés par l'organisation végétale et animale ont accompli leur rôle physiologique, j'admets qu'ils sont soumis, dans les organes mêmes, à une force de décomposition qui les modifie, les dédouble et finit par les détruire

complétement : leurs éléments sont alors restitués à l'air et au sol, sous une forme qui se prête à l'assimilation végétale, et concourent au développement des organismes nouveaux.

C'est la *fermentation* qui produit ce grand phénomène de rotation organique.

Mais ce retour à l'air et au sol des éléments qui constituaient les organismes ne se fait pas spontanément et exige l'intervention d'agents spéciaux que l'on désigne sous le nom de *ferments*.

Ce sont les ferments qui donnent de la mobilité aux molécules organiques, qui les modifient et qui déterminent, avec le concours de l'air, leur décomposition finale.

La définition des ferments que j'adopte ici est donc basée uniquement sur la destruction que ces agents font éprouver aux subtances organiques, et nullement sur leur forme ou leurs fonctions physiologiques.

Les dédoublements des matières organiques sous l'influence des ferments et les combustions lentes appartiennent, comme on le voit, aux mêmes phénomènes et sont produits par les mêmes causes.

Après avoir défini les ferments, il s'agit de rechercher quel est leur mode de génération.

Les ferments sont-ils engendrés par les poussières de l'air, comme le pense M. Pasteur, ou sont-ils créés directement par les corps organiques vivants, comme je le soutiens?

Un milieu fermentescible, dans sa décomposition, est-il livré au hasard des particules solides que l'air lui donne, où trouve-t-il dans sa propre substance cette force qui lui permet de restituer, au moment voulu, ses éléments à l'air et au sol?

L'air, au lieu d'apporter des germes de ferments, n'agit-il pas simplement dans certaines fermentations en donnant au milieu fermentescible l'oxygène qui est indispensable à tout développement organique?

Telles sont les questions importantes que je vais discuter dans ce travail; mais avant de les aborder, qu'il me soit permis de rappeler ici, en peu de mots, les opinions que j'avais consignées dans des mémoires précédents sur la génération des ferments : je prouverai ainsi que les théories que je soutiens aujourd'hui résultent de convictions déjà bien anciennes, et que, loin d'avoir recherché le débat, je ne fais que défendre des principes que j'ai émis depuis longtemps et qui me sont contestés par M. Pasteur.

Dès l'année 1841, je publiais, en collaboration

avec M. Boutron, un premier mémoire sur *la fermentation lactique*, dans lequel se trouve le germe des idées que j'ai développées plus tard sur les fermentations.

Il est dit en effet dans ce travail, que chaque espèce de fermentation est produite par un ferment spécial ; le ferment qui aigrit le lait n'étant pas le même que le ferment alcoolique, nous lui avons donné le nom de *ferment lactique ;* nous avons admis, en outre, que la caséine peut donner naissance à plusieurs espèces de ferments *lorsqu'on la place dans des circonstances différentes :* tantôt elle produit le ferment alcoolique, tantôt c'est le ferment lactique qu'elle engendre.

Ainsi la formation de plusieurs espèces de ferments par la substance azotée du lait et *l'influence des milieux* sur la production des différentes sortes de ferments se trouvent nettement énoncées dans ce premier mémoire sur la fermentation lactique.

J'ai confirmé le mode de génération des ferments par les substances azotées, dans un autre travail dont le but était de démontrer que certaines membranes animales peuvent transformer les substances organiques neutres en acide lactique.

Étudiant ensuite, dans plusieurs autres publications, la production des ferments que contiennent les cellules végétales, j'ai attribué à cette génération intracellulaire des ferments certains phénomènes essentiels de l'organisation végétale.

C'est ainsi que dans mes recherches sur la maturation des fruits, pour expliquer tous ces changements qui se produisent dans les cellules et qui font que les fruits, d'abord acides et astringents, deviennent sucrés et perdent ensuite complétement leur sucre, j'ai admis, dans les fruits, la formation intracellulaire de différents ferments qui, sous l'influence de l'air, déterminent successivement la combustion lente du tannin, puis celle des acides et ensuite celle du sucre.

Dans mes travaux sur les substances gélatineuses des végétaux, je crois avoir démontré que les transformations successives éprouvées par ces corps, pendant la végétation, doivent être attribuées à l'influence d'un ferment particulier que j'ai désigné sous le nom de *pectase*, qui est engendré par la végétation dans l'intérieur des cellules.

Plus tard, voulant caractériser d'une manière spéciale ces substances organiques, que je

considère comme *vivantes*, et qui au contact de l'air engendrent des ferments, je leur ai appliqué la dénomination générale de *corps hémiorganisés ;* en adoptant ce nom, j'ai voulu rappeler que les corps qui produisent les ferments ont souvent une organisation incomplète ; ils peuvent être gélatineux ; leur forme est ordinairement insaisissable au microscope.

Ainsi tous mes travaux qui ont précédé ma dicussion avec M. Pasteur tendaient à établir que les ferments étaient engendrés par les milieux organiques.

C'est cette théorie de la génération des ferments que j'ai désignée sous le nom d'*hémiorganisme.*

Elle diffère sous tous les rapports de la théorie de M. Pasteur, qui a reçu le nom de *panspermie atmosphérique.*

Pour M. Pasteur, tous les ferments proprement dits dérivent de parents semblables à eux et *viennent toujours de l'extérieur ;* ils sont produits par des *germes* que l'air tient en suspension et qu'il sème dans les milieux fermentescibles.

C'est donc avec raison que cette théorie de M. Pasteur a reçu la dénomination de pansper-

mie atmosphérique, puisqu'elle fait dériver tous les ferments proprement dits de germes contenus dans l'atmosphère.

Je crois être en mesure de démontrer que cette théorie n'est pas admissible; en faisant dépendre la production des ferments de ces poussières qui sont en suspension dans l'air, et en refusant aux milieux organiques la faculté d'engendrer des ferments, M. Pasteur est conduit à des impossibilités évidentes et se trouve en opposition avec des faits incontestables.

Je ne parle ici que de la production des ferments : car la présence dans l'air de germes de moisissures, c'est-à-dire d'œufs d'infusoires et de spores de mycodermes, est un fait connu depuis deux cents ans, qui aujourd'hui n'est contesté par personne; mais il ne peut pas rendre compte de la génération de cette quantité innombrable de ferments différents qui apparaissent dans les organismes où les poussières de l'air ne pénètrent pas.

Tel est le fond du débat; on voit qu'il se rapporte à un des points les plus intéressants de la philosophie naturelle, puisqu'il s'agit de saisir la cause véritable des décompositions organiques.

M. Pasteur donne selon moi une importance exagérée à l'influence des poussières atmosphériques dans la destruction des organismes; il la croit nécessaire et constante; je la considère comme accidentelle et accessoire.

M. Pasteur admet que tous les ferments viennent de l'*extérieur;* moi je soutiens qu'ils viennent de l'*intérieur* des organismes, et que, dans cette génération, l'air intervient dans certains cas par son oxygène et non par ses poussières.

M. Pasteur croit qu'une fermentation ne peut se produire que quand l'air est venu apporter aux milieux fermentescibles les germes qu'il tient en suspension.

Pour moi les poussières de l'air n'interviennent pas dans la génération des ferments; les milieux organiques sont doués d'une force végétative qui leur permet, au contact de l'air et par l'action de l'oxygène, de créer des ferments sans l'intervention des germes atmosphériques : cette production des ferments par les organismes vivants peut même, dans certains cas, se faire à l'abri de l'air.

Je pense que l'objet de la discussion est nettement établi par les considérations qui précèdent; cependant cet exposé serait incomplet,

si je ne faisais pas connaître les arguments qui ont été déjà développés, de part et d'autre, devant l'Académie des sciences.

Je vais donc reproduire les principales opinions que M. Pasteur a consignées dans ses écrits sur les fermentations, et je mettrai en regard celles que j'ai émises sur les mêmes questions, dans les *Comptes rendus de l'Académie*, dans mes mémoires et dans mes cours.

CITATIONS RELATIVES A LA DISCUSSION QUI S'EST PRODUITE DEVANT L'ACADÉMIE DES SCIENCES

M. PASTEUR

Je regrette de trouver dans la note de M. Fremy certaines hérésies qu'il me prête gratuitement...

Je considère comme erronées les assertions suivantes de M. Fremy...

M. Fremy ne produit que des opinions surannées. .

M. Fremy confessera-t-il ses erreurs si je lui démontre...

Jamais M. Fremy n'a donné la moindre preuve de ses assertions...

Je considère les assertions de M. Fremy comme erronées autant qu'il est possible de le dire...

C'est là de la mise en scène qui ne mérite pas qu'on s'y arrête...

L'expérience de M. Fremy a été mal faite...

M. Fremy s'est fait le champion de la science allemande...

M. Fremy s'engage dans une discussion où

l'on trouve tout, excepté ce qui est en question...

M. Fremy cherchant à être profond dit...

C'est bien là le propre des théories vagues comme celles de M. Fremy, de revêtir des formes diverses, véritables caméléons propres à prendre tous les aspects...

Je regrette que M. Fremy ne suive pas l'exemple de M. Donné, qui s'est honoré en rectifiant ses erreurs...

(Citations textuelles extraites des *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*)

M. FREMY

Je n'ai pas relevé les expressions regrettables que je viens de citer, parce que je sais qu'elles ont été jugées très-sévèrement par mes confrères de l'Académie ; je me suis contenté d'affirmer que, dans cette discussion, je n'apportais ni parti pris ni passion ; que je me laissais guider par le seul désir de connaître la vérité, et que si les démonstrations de M. Pasteur me paraissaient rigoureuses, je serais le premier à le dire, et à m'avouer vaincu.

Les questions que je vais traiter sont de telle nature qu'il est facile de les faire sortir de la voie scientifique pour les introduire sur un terrain brûlant, que la science selon moi ne doit jamais aborder.

On l'a fait autrefois, on pourrait l'essayer encore aujourd'hui.

Je déclare donc ici que je ne suivrai jamais ceux qui voudraient m'entraîner, à l'occasion des fermentations et de la génération des ferments, dans une discussion qui ne serait plus scientifique, et qui prendrait presque un caractère religieux.

Pour moi, les ferments sont des agents chimiques qui ne diffèrent des agents ordinaires que par leur origine, car c'est l'organisation seule qui les produit.

Les fermentations sont des phénomènes purement chimiques; j'entends les soumettre aux méthodes d'investigation que nous employons d'habitude dans notre science, et je ne comprends pas qu'on leur donne une autre portée.

Je ne crois pas également devoir répondre à cette insinuation dont tout le monde comprend l'intention blessante, et qui me fait passer pour *le champion de la science allemande*. Je dirai

simplement à M. Pasteur qu'il commet ici une erreur évidente.

Dans mes publications sur les fermentations, je n'ai pas dit un seul mot de la théorie allemande de la fermentation, fondée, comme on le sait, sur l'entraînement des corps fermentescibles par le mouvement même de décomposition des ferments : je ne cherche pas à expliquer la fermentation ; j'étudie seulement le mode de génération des corps qui la produisent.

Que M. Pasteur n'essaye donc pas de donner le change sur les choses qui sont en discussion. Ce n'est en aucune façon la théorie allemande de la fermentation que j'entends discuter, mais bien la *panspermie atmosphérique*, qui est la théorie de M. Pasteur.

Il s'agit de rechercher si, comme le veut M. Pasteur, toutes les fermentations sont produites par les poussières de l'air, ou si elles sont dues, comme je le pense, aux ferments créés directement par l'organisation, sans l'intervention des poussières.

La science allemande n'est donc pas ici en question ; du reste, mon confrère de l'Académie devrait savoir que la science n'a pas de patrie, qu'elle n'est ni française ni allemande, et que la vérité est de tous les pays : je l'accepte-

rai toujours sans m'occuper de son origine.

J'espère donc que dorénavant je n'aurai plus à répondre à de pareilles insinuations, et que la discussion conservera un caractère purement scientifique.

Tout en soutenant mes opinions avec la ténacité que donne une conviction profonde, on ne trouvera pas dans mon travail un seul mot qui soit de nature à blesser M. Pasteur et à mettre en doute son talent d'expérimentateur.

Le débat portera exclusivement sur l'interprétation des faits observés.

M. PASTEUR

Les fermentations proprement dites *sont celles qui sont produites par des ferments organisés et vivants.*

L'acte chimique de la fermentation est essentiellement un phénomène corrélatif d'un acte vital commençant et s'arrêtant avec ce dernier. Il n'y a jamais de fermentation alcoolique sans qu'il y ait simultanément organisation, développement, multiplication de

globules ou vie poursuivie, continuée de globules déjà formés : les fermentations sont donc des phénomènes corrélatifs de la vie ; tandis que pour mes adversaires, les fermentations sont corrélatives de la mort.

M. FREMY.

Les opinions principales de M. Pasteur sur la fermentation se trouvent en quelque sorte résumées dans les phrases que je viens de reproduire.

M. Pasteur a compris que sa théorie de la panspermie atmosphérique ne pouvait pas s'appliquer à la génération de tous les ferments ; aussi a-t-il introduit prudemment dans ses écrits cette expression si vague et si élastique de *fermentation proprement dite*, et il soutient aujourd'hui que les véritables fermentations, les fermentations *proprement dites*, sont uniquement celles qui sont produites par des ferments organisés et vivants ; celles par exemple qui donnent naissance au vin, au vinaigre, à l'acide butyrique, à l'acide lactique et à quelques autres transformations organiques.

La théorie de la panspermie atmosphérique émise par M. Pasteur nécessite, je le sais, une pareille restriction, mais je la repousse de toutes mes forces, parce qu'elle est en opposition avec les faits les mieux avérés de la chimie organique.

Il me serait facile de citer à M. Pasteur un grand nombre de fermentations, aussi bien caractérisées que la fermentation alcoolique, qui sont produites par des ferments non organisés et non vivants.

Les définitions de M. Pasteur conduiraient à séparer la fermentation lactique de la fermentation diastasique, parce que le ferment lactique est organisé, et que la diastase ne l'est pas.

Ce n'est pas dans la vie ou dans la forme organique qu'il faut chercher la définition des ferments, mais uniquement dans leur action sur les corps fermentescibles ; je donne le nom de *ferment alcoolique* à tout corps organique qui transforme le sucre en alcool et en acide carbonique : j'admets que ce ferment alcoolique peut affecter des formes et des dimensions variables : chaque suc de fruit produit des ferments alcooliques différents ; le ferment du suc de raisin ne ressemble pas au ferment du suc de cerise, et celui-ci n'est pas le même que

le ferment des groseilles : le ferment alcoolique peut quelquefois être assez ténu pour passer à travers nos filtres ; souvent même il échappe à l'observation microscopique.

Le ferment est donc pour moi un agent de destruction que l'organisation engendre au moment utile pour modifier ou décomposer les substances qui ont accompli leur rôle physiologique ; il peut être soluble ou insoluble dans l'eau, organisé ou amorphe, mort ou vivant : dans quelques cas même son action est comparable à celle de nos réactifs minéraux ; c'est ainsi que la diastase agit sur l'amidon à la manière de l'acide sulfurique, et que le noir de platine détermine l'oxydation de l'alcool comme le ferment acétique.

Loin d'envisager avec M. Pasteur la fermentation comme un phénomène restreint qui ne s'appliquerait qu'à un certain nombre de dédoublements organiques, je le considère comme absolument général et je l'étends à toutes substances créées par l'organisation. *J'admets que tous les corps organiques sont fermentescibles, comme ils sont combustibles :* la décomposition des engrais dans le sol arable me paraît être la confirmation rigoureuse de ce principe.

La fermentation et la combustion présentent donc entre elles les plus grands rapports et tendent au même but.

Pour donner à la définition de la fermentation toute la généralité qu'elle comporte, je dirai donc que *la fermentation est le phénomène naturel de décomposition qui s'accomplit par l'action des ferments; son résultat final est de rendre à l'atmosphère et au sol les éléments qui constituaient les organismes et de les mettre à la disposition de ceux qui sont en voie de formation.*

Ainsi toute action chimique qui aura pour effet de modifier, de dédoubler ou de brûler, au contact de l'air, un corps organique, sous l'influence d'un ferment, rentre dans le domaine des fermentations; cette définition comprend, comme on le voit, non-seulement les fermentations, mais aussi les oxydations organiques que l'on désigne sous le nom de *combustions lentes*, et qui sont de véritables fermentations.

D'après ces explications il existe donc, entre M. Pasteur et moi, un désaccord profond relativement à la définition des fermentations et à celle des ferments.

La théorie physiologique de la fermenta-

tion, que M. Pasteur admet, est due comme on le sait à Cagniard-Latour et à Turpin : mais M. Pasteur lui donne une extension que je crois exagérée. Il est facile de démontrer que plusieurs fermentations *proprement dites*, pour me servir ici de l'expression de M. Pasteur, ne sont pas corrélatives d'un acte vital et qu'elles ne sont pas accompagnées de la production de globules.

Je rappellerai en outre que dans un très-grand nombre de cas, lors même que les fermentations sont accompagnées de la production de globules, il est facile de reconnaître que cette formation d'organismes ne se trouve pas en rapport avec le phénomène chimique de la fermentation, qui se réalise rapidement, tandis que la génération des globules est assez lente.

La théorie physiologique de la fermentation ne doit donc pas être acceptée sans réserve.

M. PASTEUR

Les ferments véritables dérivent tous de germes nés de parents semblables à eux : l'air

tient en suspension ces germes de ferments, qu'il sème constamment dans les milieux fermentescibles. Tous les ferments véritables viennent donc de l'extérieur.

M. FREMY

Je dirai d'abord que l'existence des germes de ferments est une hypothèse émise par M. Pasteur et dont la vraisemblance est contestée par des naturalistes éminents.

Les fermentations alcoolique, lactique, butyrique, acétique, visqueuse, tartrique, malique, urique, sont, dans la théorie même de M. Pasteur, des fermentations proprement dites : elles ne peuvent donc être produites que par des germes qui existeraient dans l'air !

Énoncer une pareille proposition, c'est en établir l'impossibilité.

Qui pourrait admettre, en effet, sans une démonstration rigoureuse, l'existence dans l'air de tous ces germes différents qui ne sont ni visibles ni saisissables ?

Si la présence dans l'air de spores de champignons et d'œufs d'infusoires est acceptée par

tous les observateurs, c'est qu'en recueillant les poussières de l'air et en les examinant au microscope on y trouve ces organismes, c'est qu'en les introduisant dans des milieux altérables elles y produisent des moisissures. Je démontrerai dans la suite de ce mémoire, qu'en appliquant à la recherche des germes de ferments atmosphériques les méthodes expérimentales qui ont permis de recueillir des germes de moisissures, on ne trouve jamais dans l'air ces germes de ferments dont M. Pasteur admet l'existence, et qui d'après lui expliqueraient la génération des ferments.

Lorsqu'un même milieu fermentescible, comme le lait, donne naissance à plusieurs espèces de fermentation, c'est que la force d'organisation qui a produit le premier ferment peut encore en engendrer d'autres. On peut admettre également avec M. Trécul, qu'une espèce de ferment continuant à végéter éprouve une nouvelle modification organique qui lui donne la faculté de produire une autre sorte de fermentation.

En un mot, la destruction des principes immédiats et celle des organismes, sous l'influence des ferments, est un grand phénomène naturel qui doit s'accomplir régulièrement à son temps

et qui se trouve en rapport avec le développement des organismes nouveaux.

C'est l'organisation elle-même qui doit pourvoir à cette décomposition organique : il me paraît donc impossible de subordonner, comme le voudrait M. Pasteur, un acte physiologique aussi nécessaire que la fermentation au *hasard des poussières atmosphériques.*

M. PASTEUR

Les poussières de l'air sont bien les causes véritables des altérations qui se produisent dans un milieu organique altérable qu'on expose à l'air : en effet les moisissures ne se présentent pas dans un liquide organique que l'on soumet à l'influence d'un air pur, tel que celui qui est pris sur une haute montagne, loin des lieux habités, ou celui qui est débarrassé presque complétement des organismes qu'il tenait en suspension, à la suite d'une longue pluie qui le lave et le purifie.

M. FREMY

En admettant l'exactitude des observations de M. Pasteur sur l'absence des moisissures dans un liquide qui est en rapport avec de l'air purifié, je trouve dans ces faits une objection très-forte contre les théories de M. Pasteur relatives à la fermentation et à la présence des germes de ferment dans l'air atmosphérique.

Tout le monde sait, en effet, que les fermentations alcoolique, lactique, acétique, butyrique, se produisent aussi facilement dans l'air pur que dans l'air impur : le vin, le fromage, le cidre, la bière, le vinaigre, le pain, se fabriquent sur les hautes montagnes comme dans l'intérieur des villes.

Un air purifié par la pluie, qui ne forme plus de moisissures dans les liquides organiques, détermine très-facilement la fermentation du lait et celle des sucs de fruits.

La production des ferments ne dépend donc pas des poussières atmosphériques.

Je décrirai du reste des expériences qui prouvent que les fermentations se produisent

dans les liquides préservés des moisissures par l'arrêt des poussières atmosphériques.

La génération des moisissures ne doit donc pas être confondue avec celle des ferments.

M. PASTEUR

Les liquides altérables et fermentescibles introduits dans des ballons à col recourbé et effilé, puis soumis à l'ébullition, se conservent sans altération ; cette expérience démontre que ce sont bien les germes atmosphériques qui produisent les fermentations ; en effet, par l'ébullition, on a tué les germes que l'air avait semés dans le liquide, et, par les sinuosités du col du ballon, on a retenu les poussières atmosphériques, cause des fermentations.

M. FREMY

Il me sera facile de renverser les explications que M. Pasteur donne ici pour soutenir sa

théorie de la panspermie atmosphérique et de rendre compte des faits qu'il a observés, en m'appuyant sur les idées que je soutiens, c'est-à-dire sur la génération des ferments par les milieux organiques.

Les liquides fermentescibles qui ont été employés dans les expériences de M. Pasteur contiennent des corps organiques vivants, que j'ai désignés sous le nom de *corps hémiorganisés :* ce sont ces organismes qui, au contact de l'air, engendrent les ferments.

Il est évident que si ces corps sont tués par l'ébullition, comme cela arrive dans les expériences de M. Pasteur, ou si on les abandonne dans un air qui ne reste pas à l'état normal, on leur enlève cette force végétative qui leur permet d'engendrer des ferments. Si donc les liquides fermentescibles, placés dans les ballons de M. Pasteur, n'éprouvent plus d'altération, ce n'est pas parce que ces liquides ont été mis à l'abri des germes de ferments par les sinuosités du col de l'appareil ; c'est simplement parce que le liquide producteur a été tué par l'ébullition.

On peut même expliquer la stérilité des liquides placés dans les ballons, sans avoir recours à l'explication fondée sur l'action de

la chaleur, mais en se fondant sur l'altération de l'air, comme M. Victor Meunier l'a proposé le premier, dans un travail très-important.

Je démontrerai par de nombreuses observations , que tout liquide organique abandonné dans un flacon à col effilé agit rapidement sur l'air; lors même que le col est ouvert, l'oxygène s'y trouve bientôt remplacé par de l'acide carbonique; or, dans un pareil mélange d'azote et d'acide carbonique, les phénomènes d'organisation deviennent impossibles, les ferments ne peuvent donc pas y prendre naissance.

Ainsi, toutes les observations faites sur les liquides organiques abandonnés dans des ballons à col effilé et ouvert peuvent recevoir des explications bien différentes de celles qui ont été données par M. Pasteur, et ne confirment en aucune façon la théorie de la panspermie atmosphérique.

M. PASTEUR

L'eau de levûre sucrée que l'on fait bouillir pendant deux ou trois minutes, liqueur émi-

nemment altérable à l'air ordinaire, demeure intacte, limpide, sans donner jamais naissance à des infusoires ou à des moisissures, lorsqu'elle est abandonnée au contact de l'air qui a été préalablement chauffé. Je regarde donc comme mathématiquement démontré que toutes les productions organisées qui se forment à l'air ordinaire dans de l'eau sucrée albumineuse, préalablement portée à l'ébullition, ont pour origine les particules solides qui sont en suspension dans l'air.

M. FREMY

Cette expérience est celle du Dr Schwann, appliquée par M. Pasteur à l'eau de levûre : c'est elle qui a servi évidemment de base à la théorie de la panspermie atmosphérique.

Elle est fondée, comme on le voit, sur l'emploi d'un liquide organique soumis à l'ébullition.

Or, j'ai admis que les liquides organiques contiennent des principes hémiorganisés vivants, qui sont tués par l'ébullition de l'eau : il est alors bien naturel de voir l'eau de levûre se conserver sans altération, lorsque après son

ébullition on la met en contact avec de l'air dont les germes de mycodermes ont été détruits par la chaleur.

L'observation de M. Pasteur ne jette aucune lumière sur le mode de génération des ferments ; elle confirme simplement une démonstration déjà donnée depuis longtemps.

Pour rechercher si un liquide organique possède réellement une force végétative qui lui permet d'engendrer directement des ferments, il ne faut pas commencer, comme dans l'expérience que je discute, par tuer le liquide vivant en le portant à l'ébullition.

L'expérience de M. Pasteur n'établit donc qu'un point qui n'est pas ici en discussion : c'est que l'eau de levûre, après son ébullition, peut encore contribuer au développement des spores qui existent dans l'air ; mais elle ne prouve en aucune façon que les germes atmosphériques sont les seules causes de la production de la levûre qui se forme lorsque l'eau de levûre est abandonnée à l'air.

M. PASTEUR

Du suc de raisin pris dans l'intérieur du fruit et du sang retiré directement de la circulation se conservent sans altération, si on les préserve de l'influence des poussières atmosphériques.

Dans ce cas, on ne peut pas invoquer la mort, par l'ébullition, des substances hémiorganisées vivantes qui existent dans le liquide.

M. FREMY

La conservation du jus de raisin et du sang, dans les expériences de M. Pasteur, n'est pas due, comme il le pense, à l'absence des poussières atmosphériques, mais, comme le disait Needham, *aux exhalaisons du liquide organique qui altèrent l'air des appareils et empêchent les ferments de se développer.*

Je soutiens que, dans tous les appareils où un liquide organique non bouilli se conserve, l'air ne présente plus sa composition normale.

Cette observation de M. Pasteur, qui devait être le triomphe de sa théorie, c'est-à-dire la conservation des liquides organiques à l'abri des poussières de l'air, est loin de présenter, dans la discussion , l'importance qu'on lui avait attribuée.

M. PASTEUR

Les matières albumineuses ne produisent pas les ferments ; elles ne sont que les aliments des germes de ferments qui existent dans l'air. Ce qui le prouve, c'est que dans le développement d'un ferment, on peut remplacer la substance albumineuse par un mélange artificiel formé de sucre, de sels ammoniacaux et de phosphates.

M. FREMY

Je ne crois pas que, dans le développement de la levûre de bière, le mélange artificiel proposé par M. Pasteur puisse jamais remplacer les

substances albumineuses diverses apportées aux cuves de fermentation, par les céréales, dans la fabrication de la levûre.

J'ai consulté sur ce point les praticiens les plus habiles; ils m'ont déclaré qu'ils n'avaient jamais obtenu, en suivant les indications de M. Pasteur, un ferment comparable à celui qui se produit dans les conditions normales.

La substance albumineuse est un corps organisé vivant, par conséquent très-complexe, fort peu connu des chimistes, et qui appartient à cette classe de substances que j'ai désignées sous le nom de *corps hémiorganisés*. Il est possible que les ferments en voie de formation puisent dans ce milieu les éléments utiles à leur développement; mais il est certain aussi que c'est dans un corps hémiorganisé, comme la caséine du lait, que s'engendrent tous les ferments qui déterminent les altérations successives du liquide, et que les poussières de l'air n'interviennent pas dans le phénomène

M. PASTEUR

La théorie des conserves d'Appert est fondée sur la destruction des germes qui existent dans l'air, ou de ceux que l'air a déposés à la surface des substances organiques qu'il s'agit de conserver. Un ballon à col recourbé et ouvert constitue un appareil excellent pour les conserves d'Appert.

M. FREMY

La théorie véritable des conserves d'Appert n'est pas celle que propose M. Pasteur. Il est évident que s'il existe, dans l'air et à la surface des corps qu'il s'agit de conserver, des spores de champignons ou des œufs d'infusoires, il est utile de les détruire par l'ébullition pour éviter l'altération des substances organiques.

Mais la théorie des conserves d'Appert n'est pas aussi simple que le croit M. Pasteur ; elle est fondée d'abord sur l'absorption de l'oxygène atmosphérique par les substances organiques, comme l'a établi Gay-Lussac, et ensuite sur la

coction des substances albumineuses que la chaleur tue, et dans lesquelles par conséquent la force végétative est détruite.

Comme les corps albumineux ne sont souvent que paralysés par l'action de la chaleur, et qu'au contact de l'air ils peuvent revivre et produire de nouveaux ferments, il est nécessaire que les corps organiques, pour être conservés, soient enfermés dans des vases bien bouchés et à l'abri de l'oxygène.

Je ne crois donc pas qu'un vase ouvert à col effilé puisse jamais servir à la préparation de bonnes conserves ; la pratique me paraît confirmer entièrement cette opinion, car on n'a jamais fait usage d'une manière sérieuse, dans la conservation des aliments, des indications données, il y a déjà longtemps, par M. Pasteur.

Les substances alimentaires ne sont jamais conservées dans des vases ouverts rappelant par leur forme les ballons de M. Pasteur.

M. PASTEUR

Dans l'expérience de Gay-Lussac, si l'air en s'introduisant dans une cloche placée sur

le mercure qui contient des grains de raisin écrasés fait fermenter le suc végétal, c'est que cet air apporte les germes qu'il contient ou qu'il fait arriver dans le suc de fruits des germes de ferments alcooliques qui existent à la surface de la cuve à mercure.

M. FREMY

Je discuterai longuement cette expérience dans mon mémoire, parce qu'elle est une des plus importantes qui aient été faites sur la fermentation.

Toutes mes observations sont entièrement d'accord avec celles de Gay-Lussac, et par conséquent en opposition avec les théories de M. Pasteur.

Je démontrerai que la fermentation du suc de raisin a lieu dans l'oxygène pur, et que le mercure des cuves ne contient pas de germes atmosphériques de ferment.

Dans l'expérience classique de Gay-Lussac, c'est bien le suc du raisin qui, au contact de l'oxygène, produit le ferment alcoolique, et non les germes qui pourraient exister, soit dans

l'air, soit à la surface du grain de raisin, soit sur la cuve à mercure.

M. PASTEUR

Si une liqueur albumineuse sucrée n'entre pas en fermentation lorsqu'elle est exposée à l'air, c'est que les moisissures qui se forment à la surface du liquide s'opposent au développement du ferment alcoolique.

M. FREMY

Cette réponse m'a été faite par M. Pasteur à l'occasion d'une objection capitale que je lui ai adressée dans une séance de l'Académie, et qui renverse toute sa théorie de la panspermie atmosphérique.

J'ai dit à M. Pasteur que s'il existait dans l'air, comme il le croit, des germes de ferment alcoolique, toute liqueur sucrée contenant les éléments propres au développement des germes

de ferment devrait fermenter rapidement, dès qu'on l'expose à l'air.

On sait qu'il n'en est rien et qu'une pareille liqueur ne fermente pas à l'air; donc l'air ne contient pas de germes de ferment alcoolique.

M. Pasteur prétend que dans ce cas *la place est prise* par les moisissures qui empêchent les ferments de se produire. Je prouverai que cette explication n'est pas admissible et que la présence des moisissures dans une liqueur fermentescible n'empêche pas l'action du ferment alcoolique de se manifester sur le sucre.

M. Pasteur admet lui-même que deux espèces de ferments peuvent coexister dans un même liquide et agir simultanément sur un milieu fermentescible; en effet, dans son mémoire sur la fermentation, page 361, il dit textuellement que les deux ferments alcoolique et lactique peuvent vivre chacun pour leur propre compte dans la même liqueur et déterminer les transformations qui leur sont habituelles.

M. PASTEUR

Je ne crois pas à un fait admis par Mitcherlich, Cagniard-Latour et Turpin, à savoir que les globules de levûre crèvent souvent et épanchent leur contenu granuliforme qui répand dans le liquide des séminules, lesquelles grossissent et deviennent des globules de levûre ordinaire. Dans le cours de trois années d'observations sur la levûre de bière, je n'ai pas rencontré ce fait une fois. Il y a une circonstance bien décisive contre lui, c'est le volume uniforme des globules d'une levûre en voie d'action sur le sucre.

M. FREMY

M. Pasteur me paraît traiter ici bien légèrement les observations des savants illustres qu'il combat.

On comprend du reste l'intérêt que M. Pasteur peut avoir à nier la génération de la levûre par le développement de séminules sortant de

l'intérieur d'un grain de levûre de bière : un pareil fait est en opposition avec la théorie des germes atmosphériques, et surtout avec celle de *la génération de prime-saut* des grains de levûre, que M. Pasteur a émise pour expliquer la fermentation intracellulaire. Turpin affirme que cet épanchement des séminules de levûre s'est produit sous ses yeux. L'existence des séminules dans l'intérieur des grains de levûre est certaine ; on la constate au microscope et l'on retrouve ces séminules dans la liqueur que l'on obtient en broyant à froid de la levûre dans l'eau.

Ces séminules, en raison même de leur ténuité, passent à travers les filtres et produisent ensuite des grains de levûre.

On constate la présence de corpuscules comparables aux séminules de la levûre dans les cellules épidermiques des fruits, dans le suc du raisin, dans l'infusion d'orge ; ce sont ces organismes qui produisent le ferment alcoolique et non les germes atmosphériques que personne n'a vus.

M. PASTEUR

Le germe du ferment alcoolique est le germe du Mycoderma vini, *qui se trouve en abondance dans l'air. Le germe du* Mycoderma vini *est un des germes les plus répandus dans l'atmosphère, particulièrement au printemps et en été. Ce mycoderme a deux genres de vie essentiellement distincts : moisissure, il s'empare de l'oxygène de l'air, le fait servir à l'assimilation des matériaux de nutrition et le rend à l'état d'acide carbonique ; ferment, il se développe à l'abri de l'air et devient la levûre alcoolique du raisin.*

M. FREMY

J'ai été très-heureux de cette déclaration de M. Pasteur, parce qu'il devenait possible alors de soumettre sa théorie à l'épreuve de l'observation et de l'expérience.

Si M. Pasteur, en effet, avait soutenu que le germe de ferment alcoolique était un corps in-

visible et insaisissable, il m'aurait été bien difficile de démontrer rigoureusement l'impossibilité de cette hypothèse. Mais aujourd'hui, d'après les assertions mêmes de M. Pasteur, le germe du ferment alcoolique est un organisme que tout le monde peut recueillir et observer : c'est celui qui produit le *Mycoderma vini;* il sera donc facile désormais de reconnaître si la théorie de la panspermie atmosphérique est exacte. M. Pasteur sera tenu de démontrer la présence de ces germes dans tous les liquides qui éprouvent la fermentation alcoolique ou dans l'air qui se trouve à la surface de ces liquides.

Or, j'établirai que la fermentation alcoolique se manifeste dans des liquides et dans des atmosphères qui ne contiennent pas de germes du *Mycoderma vini.*

M. Pasteur affirme que le germe du *Mycoderma vini* se développe à l'abri de l'air et qu'il devient la levûre alcoolique du raisin.

En m'appuyant sur cette déclaration de M. Pasteur, il m'est facile encore ici de démontrer d'une manière rigoureuse toute l'impossibilité de la théorie qu'il soutient.

M. Pasteur a dit souvent dans ses communications que les raisins écrasés fer-

mentent non-seulement sous l'influence des ferments qui sont apportés par l'air, mais aussi par le développement des germes du *Mycoderma vini* qui se trouvent en abondance à l'extérieur des grains de raisin.

M. Pasteur vient de déclarer que les germes du *Mycoderma vini*, pour devenir ferment alcoolique, n'ont pas besoin d'oxygène, et qu'à l'abri de l'air ils se changent en levûre alcoolique du raisin.

S'il en est ainsi, en faisant passer des grains de raisin sous une éprouvette remplie de mercure et en les écrasant, on doit voir au bout de quelque temps le suc entrer en fermentation, puisque, d'après M. Pasteur, les germes du *Mycoderma vini* qui sont à l'extérieur des grains auront donné naissance à du ferment alcoolique.

Je déclare que j'ai répété cette expérience capitale un grand nombre de fois : j'ai conservé des raisins ainsi écrasés à l'abri de l'air pendant plus de six mois, et je n'ai jamais observé le moindre indice de fermentation ;

Tandis que la fermentation se produit aussitôt, comme l'a vu Gay-Lussac, dès qu'on fait arriver de l'oxygène dans le milieu fermentescible.

Il résulte donc de ces considérations qu'il n'existe de ferments alcooliques ni dans l'air ni à l'extérieur des grains de raisin.

M. PASTEUR

Le suc de raisin, les jus de tous les fruits, le moût de bière, le lait, le sang, l'urine, fermentent lorsqu'on les expose à l'air, parce que ces liquides organiques trouvent dans l'air et en reçoivent les différentes espèces de germes de ferments qui engendrent toutes les fermentations que ces milieux peuvent produire.

M. FREMY

Presque toutes mes expériences ont été instituées pour combattre cette proposition.

Comment peut-on admettre avec M. Pasteur

que du lait qui est reçu, en sortant du pis de la vache, dans un flacon que l'on bouche immédiatement, et qui ensuite éprouve cinq fermentations différentes, a trouvé dans l'air précisément les cinq espèces de germes qui peuvent produire les ferments alcoolique, lactique, butyrique, acétique et visqueux ?

Comme cette expérience peut être répétée en tout lieu et en toute saison, il faudrait donc supposer, d'après les idées de M. Pasteur, l'existence constante, dans toutes les parties de l'air atmosphérique, des germes de ferments les plus divers.

Les phénomènes s'expliquent d'une manière beaucoup plus simple dans la théorie que je propose.

Prenant pour exemple les fermentations du lait, j'admets que la substance hémiorganisée qui s'y trouve est vivante, qu'elle se modifie au contact de l'air et que, suivant les circonstances dans lesquelles on la place, elle donne naissance successivement ou simultanément aux cinq espèces de ferments qui caractérisent la fermentation du lait : ce n'est donc pas l'air qui apporte au liquide des germes de ferments, c'est le liquide lui-même qui *végète* au contact de l'air, comme tout milieu organique,

et qui engendre les différents ferments du lait.

Cette explication s'étend à la fermentation du suc de raisin ou à celle du moût de bière.

Tout le monde sait que le suc de raisin extrait de l'intérieur du fruit, parfaitement clair et ne contenant pas de germes organiques, entre toujours en fermentation lorsqu'il est exposé à l'air.

Au lieu de supposer avec M. Pasteur que ce liquide reçoit de l'air des germes de ferment alcoolique que personne n'a vus, j'admets que le suc de raisin contient en suspension une substance hémiorganisée vivante que l'ébullition peut tuer, mais qui au contact de l'air végète, comme la caséine du lait, et produit le ferment alcoolique.

Il existe également dans le moût de bière une substance azotée vivante qui, au contact de l'air, produit la levûre de bière : la force de cette levûre et ses propriétés varient avec les corps que le moût de bière apporte et qui déterminent le développement de la levûre.

Pour démontrer que ce sont bien les liquides organiques tels que le lait, le jus de raisin, le moût de bière, qui engendrent les ferments, il suffit de rappeler que ces liquides, une fois

soumis à une ébullition suffisante pour tuer les substances hémiorganisées qui s'y trouvent, n'éprouvent plus de fermentation alcoolique quand on les expose à l'air : la chaleur n'a pas détruit cependant dans ces liquides les corps qui peuvent nourrir les organismes, car en les abandonnant pendant un certain temps à l'air qui contient des spores de mycodermes, on les voit bientôt se couvrir de moisissures.

Les liquides organiques vivants sont donc réellement les producteurs des ferments.

M. PASTEUR

L'étude du lait offre des résultats qui paraissent, au premier abord, singulièrement embarrassants.

En effet, du lait mis en ébullition pendant deux ou trois minutes, dans un ballon communiquant avec un tube de platine chauffé au rouge, ne se conserve pas; on peut être assuré que le lait se caille et se putréfie toujours, tandis que l'eau de levûre sucrée et l'urine

soumises à la même épreuve n'éprouvent aucune altération.

M. FREMY

M. Pasteur admet qu'il existe dans le lait des germes de vibrions qui, en raison de l'alcalinité du lait, peuvent supporter une température de 100° sans être tués.

L'explication de M. Pasteur me paraît inacceptable : il n'existe pas, en effet, un seul exemple d'un corps organisé vivant, c'est-à-dire contenant de l'albumine coagulable à 65°, qui puisse supporter une *température humide* de 100° sans être tué.

Certains organismes conservent, je le sais, leur vitalité lorsqu'à l'abri de l'humidité on les dessèche à 100° ; mais tous sont tués lorsqu'on les plonge pendant quelques secondes dans l'eau bouillante.

La théorie que je soutiens rend compte, au contraire, avec la plus grande facilité du fait observé par M. Pasteur.

C'est le caséum du lait, substance hémior-

ganisée vivante, qui engendre les ferments du lait. La vitalité du caséum persiste tant que cette substance n'est pas cuite et coagulée : or, on sait que le caséum n'est pas coagulé par une ébullition de quelques instants : on comprend donc que le lait, soumis à une ébullition de deux ou trois minutes, puisse encore engendrer des ferments.

Il ne perd cette faculté que par une longue coction, ou par l'action d'une température qui dépasse 100°.

M. PASTEUR

Il est démontré aujourd'hui que, dans certaines circonstances, le suc que contiennent les cellules d'un fruit peut donner naissance à de l'alcool et à de l'acide carbonique.

Cette transformation est produite par la cellule et ne doit pas être assimilée à une véritable fermentation alcoolique, car on ne constate pas dans le suc altéré les grains de ferment alcoolique qui, par leur forme et

leurs dimensions invariables, caractérisent la fermentation alcoolique.

En un mot, dans une liqueur qui éprouve la véritable fermentation alcoolique, tous les grains de ferment ont à peu près la même grosseur; ils apparaissent donc de prime-saut; *ils ne commencent pas par être des grains imperceptibles pour arriver ensuite à la grosseur que l'on connaît; ils ont immédiatement la dimension normale.*

Or, puisque dans un suc de fruit s'altérant dans l'intérieur des cellules et donnant de l'alcool et de l'acide carbonique, on ne retrouve pas de ferments alcooliques, c'est que ce liquide n'a pas éprouvé de véritable fermentation alcoolique.

M. FREMY

Nous arrivons ici à la question capitale qui, selon moi, condamne d'une manière incontestable la théorie de M. Pasteur.

J'ai donné le nom de *fermentation intracellulaire* à toutes les altérations organiques qui

peuvent se produire dans les organes où les poussières de l'air ne peuvent pas pénétrer.

Les fermentations des sucs de fruits dans l'intérieur des cellules, la transformation ammoniacale de l'urine dans la vessie, la coagulation du lait dans les glandes mammaires, l'altération du sang dans les abcès profonds, sont pour moi des phénomènes de fermentation intracellulaire produits par des ferments engendrés dans l'intérieur des organismes, c'est-à-dire en dehors de l'influence des poussières atmosphériques.

Tous ces faits sont en opposition complète avec la théorie de M. Pasteur.

M. Pasteur a bien compris la gravité de ces observations et le danger qu'elles faisaient courir à ses théories panspermistes ; aussi a-t-il eu recours à cette explication singulière que je viens de citer ; il admet qu'une production d'alcool n'est pas une fermentation alcoolique, lorsqu'elle n'engendre pas de grains de ferments reconnaissables à leur forme et à leurs dimensions !

J'établirai dans mon mémoire que cette explication n'est pas acceptable ; une fermentation est caractérisée par les corps qu'elle engendre et non par la forme des ferments qui la pro-

duisent; elle peut être déterminée par des ferments très-différents les uns des autres par leur forme et leurs dimensions.

Quant à cette génération de *prime-saut*, qui d'après M. Pasteur caractériserait la production du ferment alcoolique, je laisse à des savants plus autorisés que moi, tels que M. Trécul, le soin de combattre une pareille hypothèse qui se trouve en contradiction avec tous les faits qui ont été observés jusqu'à présent sur la génération et le développement du ferment alcoolique.

Je ne pense pas qu'un naturaliste puisse admettre qu'un corps organisé et vivant, comme la levûre, arrive immédiatement et de prime-saut à des dimensions et des formes qui ne varient pas.

Je me contenterai d'affirmer ici qu'en observant les ferments qui se produisent dans les principaux sucs de fruits en fermentation, j'y ai toujours trouvé des grains présentant les dimensions les plus diverses.

Mes observations sont donc en contradiction complète avec celles de M. Pasteur.

M. PASTEUR

Dans un nombre considérable d'expériences où j'ai semé des poussières dans l'air dans de l'eau de levûre sucrée soumise préalablement à l'ébullition, il ne m'est jamais arrivé d'obtenir la fermentation du liquide sucré : cependant rien n'est plus propre que cette liqueur à donner naissance à la fermentation alcoolique : l'eau de levûre sucrée est constituée à la manière du moût de raisin, du moût de bière et du jus de betterave.

Je démontrerai ultérieurement que cette particularité tient au rapport qui existait dans mes expériences entre les volumes de l'air et du liquide.

M. FREMY

Je trouve encore ici un argument très-fort contre les théories de M. Pasteur, et je l'emprunte aux publications mêmes de mon confrère de l'Académie.

Les poussières de l'air recueillies sur du

coton ne font pas fermenter l'eau de levûre sucrée qui fermente si facilement, c'est M. Pasteur qui le dit ; comment peut-il soutenir alors que le ferment alcoolique est produit par les poussières de l'air ?

J'ajouterai, du reste, que j'ai confirmé moi-même, dans les expériences les plus variées, les assertions de M. Pasteur.

Du coton sur lequel j'avais fait passer des quantités d'air considérables, et que j'avais mélangé avec des poussières recueillies dans mon laboratoire et dans l'amphithéâtre du Muséum, n'a jamais déterminé la fermentation alcoolique du bouillon de levûre sucrée.

Cela démontre nettement qu'il n'existe pas dans l'air de germes de ferment alcoolique.

Au lieu de s'incliner devant cette démonstration, M. Pasteur aime mieux avoir recours à cette explication dont il m'est impossible de comprendre le sens :

Cette particularité, dit M. Pasteur, *est due au rapport qui existait dans mes expériences entre les volumes de l'air et du liquide !*

M. PASTEUR

M. Fremy confesserait-il ses erreurs si je lui démontrais, comme je suis en mesure de le faire, que le suc naturel du raisin, exposé au contact de l'air privé de ses germes, ne peut ni fermenter, ni donner naissance à des levûres organisées? Or, je présente à l'Académie du jus de raisin qui se conserve dans l'air, parce que ce jus, en sortant du fruit, a été introduit dans un air privé de ses germes.

M. FREMY

La forme tranchante de cette interpellation, peu usitée entre confrères, est de nature à tromper les personnes qui sont étrangères aux questions qui se discutent sur la génération des ferments; elle peut faire croire que M. Pasteur a réellement trouvé ici la démonstration expérimentale de sa théorie.

Il n'en est rien; la disposition même de l'appareil qu'emploie M. Pasteur est un obstacle à

la fermentation du suc. J'ai dit, en effet, que dès qu'un suc végétal est en rapport avec l'air, il en absorbe rapidement l'oxygène, qu'il change en acide carbonique. Or, lorsqu'un suc fermentescible est introduit dans un petit appareil fermé, il se trouve bientôt exposé dans une atmosphère d'acide carbonique et d'azote qui est impropre à la génération des ferments.

Si, dans l'expérience de M. Pasteur, le suc du raisin n'entre pas en fermentation, ce n'est pas parce que l'air est privé de ses germes ; c'est simplement parce que cet air ne conserve pas la composition qui est nécessaire au développement des ferments.

M. PASTEUR

Vous soutenez que les liquides organiques bouillis dans mes ballons se conservent, non parce qu'ils sont soustraits à l'influence des germes atmosphériques, mais parce que j'ai tué par l'ébullition la substance hémiorganisée qui pouvait produire des ferments. Eh bien ! voici un vase dans lequel j'ai introduit au contact de l'air privé de ses germes du sang

pris directement sur un chien en bonne santé.

C'était le 3 mars 1863.

La chaleur n'est pas intervenue; or ce sang n'a éprouvé aucune putréfaction quelconque, il n'a fourni aucune production organisée microscopique.

M. FREMY

Je réponds à cette observation de M. Pasteur sur le sang, comme j'ai répondu à celles qu'il a faites sur les sucs de fruits ou sur du lait extraits directement de l'organisation.

Dans ces différentes expériences, la conservation des liquides, qui n'est pas cependant aussi complète que le croit M. Pasteur, n'est pas due à l'absence des germes atmosphériques, mais à la disposition même de l'appareil, qui expose les liquides vivants, tels que le sang, le lait, les sucs de fruits, dans une atmosphère d'acide carbonique et d'azote impropre au développement des ferments.

Je rappellerai en outre ici que, dans ces expériences, il faut bien se garder, comme le fait constamment M. Pasteur, de confondre les

phénomènes de moisissures avec les générations de ferments.

On sait depuis longtemps qu'il existe dans l'air des germes de moisissures qui peuvent agir sur les liquides organiques : il est évident que pour conserver ces liquides on a intérêt à les préserver des germes atmosphériques. Donc, du sang et du lait se conservent plus facilement dans de l'air purifié que dans de l'air contenant des germes de moisissures.

Mais ce point n'était pas en discussion.

M. Pasteur, pour soutenir ses théories, avait à démontrer que les liquides organiques ne s'altèrent pas lorsqu'ils sont mis en présence de l'air normal privé de ses germes; or, il n'a pas donné cette démonstration, puisque dans ses appareils l'air est forcément altéré.

M. PASTEUR

Voici le programme de huit expériences qui me sont personnelles et dont je demande la vérification :

1° Le moût de raisin ne fermente jamais au contact de l'air privé des germes qui s'y trouvent en suspension.

M. FREMY

En venant présenter à l'Académie le programme de huit expériences dont il demandait la vérification immédiate, M. Pasteur voulait évidemment faire entendre qu'il était en mesure de confirmer, par huit expériences différentes, sa théorie de la panspermie atmosphérique.

Je vais prendre, une à une, les huit expériences de M. Pasteur, et je démontrerai qu'elles ne prouvent en rien l'existence dans l'air des germes de ferments.

Ainsi, dans sa première proposition, M. Pasteur affirme que le moût de raisin ne fermente jamais au contact de l'air privé de ses germes. Comment le sait-il? j'ai déjà dit plusieurs fois et je prouverai plus loin que les appareils employés par M. Pasteur ne lui permettent pas de résoudre la question : il attribue à l'absence des germes atmosphériques une influence qui est due aux modifications que l'air éprouve dans sa composition.

En outre, je reproduirai ici un argument contre M. Pasteur, qui revient plusieurs fois dans ce travail et qui me paraît réfuter péremptoirement sa première assertion.

On a démontré qu'il existe dans l'air des germes d'organismes, et que de l'air filtré sur des corps poreux, ou purifié par des réactifs énergiques, n'agit plus sur des liquides organiques soumis à l'ébullition.

En admettant l'existence des germes de ferments dans l'air, le coton qui a servi à filtrer l'air devrait faire entrer en fermentation, soit le moût de raisin cuit, soit tout autre liquide fermentescible. On sait qu'il n'en est rien, tandis que ce coton produit des moisissures.

Donc, l'air contient des germes de moisissures et ne contient pas de germes de ferments.

M. PASTEUR

2° *Le moût de raisin cuit fermente quand on y introduit une très-petite quantité d'eau de lavage de la surface des grains de raisin, ou de la surface du bois de leur grappe.*

M. FREMY

Il faut bien se garder de confondre une fermentation alcoolique véritable qui se produit *immédiatement* dès que le ferment alcoolique est en présence de la liqueur sucrée, avec une fermentation qui est la conséquence de la production des moisissures.

Cette fermentation du moût de raisin cuit, sous l'influence des poussières, ne se fait pas immédiatement, comme dans l'action de la levûre de bière sur le sucre.

La fermentation du moût de raisin cuit n'a lieu que lorsqu'il s'est formé des moisissures dans la liqueur. Or, on sait aujourd'hui que les moisissures engendrent des ferments.

M. Pasteur établit donc ici, au profit de ses théories, une confusion entre la génération des ferments et celle des moisissures.

M. PASTEUR.

3° *Le moût de raisin cuit ne fermente pas si l'on y introduit de l'eau de lavage de la*

surface des grains de raisin qui a été portée à l'ébullition.

M. FREMY

Je suis complétement d'accord ici avec M. Pasteur sur cette expérience ; mais j'ajoute qu'elle ne présente aucune importance dans la question que nous discutons.

Si, en effet, il existe, comme je le crois, à la surface des grains de raisin des spores de moisissures, on comprend que ces organismes seront tués sous l'influence d'une température humide de 100°.

M. PASTEUR

4° *Le moût de raisin ne fermente pas si l'on y introduit une très-petite quantité de l'intérieur d'un grain de raisin.*

M. FREMY

J'ai déjà répondu plusieurs fois à cette observation de M. Pasteur, et je crois avoir prouvé qu'elle ne présente que *l'apparence* d'une démonstration de la panspermie atmosphérique. Si l'expérience se fait dans une quantité d'air limitée, qui se change bientôt en une atmosphère d'acide carbonique et d'azote, il est évident que le ferment alcoolique ne peut pas prendre naissance, et que la fermentation est impossible; mais j'affirme que dans de l'air normal, privé de poussière, la fermentation se produit.

Je soutiens donc que l'expérience instituée par M. Pasteur pour démontrer que le suc intérieur du raisin ne produit pas de ferments est loin d'être décisive.

En effet, comment M. Pasteur dispose-t-il son expérience ?

Il commence par introduire 100 ou 150 grammes de moût de raisin bouilli dans un ballon contenant de l'air pur, puis il y fait arriver une petite goutte de suc de raisin sortant du fruit : cette liqueur ne fermente pas, et M. Pasteur attribue cette inertie du liquide fermentescible à l'absence des poussières de l'air !

Cette interprétation de l'expérience ne peut pas être admise : je suis persuadé que si la fermentation ne se produit pas, cela n'est pas dû à l'absence des poussières de l'air, mais aux conditions dans lesquelles le liquide fermentescible est placé.

Comment veut-on, comme M. Trécul l'a parfaitement dit, que quelques milligrammes de suc de raisin ainsi *noyés* dans 100 grammes de moût de raisin préalablement soumis à l'ébullition puissent entrer en fermentation? et si cette fermentation se produisait, comment pourrait-on la reconnaître?

Pour donner à cette expérience une apparence de contrôle synthétique, M. Pasteur fait rentrer de l'air ordinaire dans son appareil, et il reconnaît alors que le liquide fermente.

Cette seconde partie de l'expérience peut tromper ceux qui ne l'examinent pas de près, mais elle n'ajoute rien à la démonstration.

On sait en effet que des moisissures engendrent des ferments : or, en faisant rentrer de l'air dans un ballon, M. Pasteur introduit des germes de mycodermes qui à la longue produisent des ferments.

La fermentation du liquide, à la suite de la

rentrée de l'air ordinaire, est donc encore un de ces phénomènes secondaires qu'il faut bien se garder de confondre avec la fermentation alcoolique normale, qui se produit immédiatement dès qu'un ferment est introduit dans un milieu fermentescible.

On peut dire en outre que la rentrée de l'air normal permet aux corps hémiorganisés contenus dans le suc d'engendrer des ferments.

M. PASTEUR

5° *Les raisins placés dans une atmosphère d'acide carbonique donnent immédiatement de l'alcool.*

M. FREMY

Cette déclaration de M. Pasteur, qui s'est trouvée vérifiée par toutes mes observations sur la fermentation intracellulaire, me paraît être la condamnation absolue de la panspermie atmosphérique.

Si en effet des raisins placés dans une atmosphère d'acide carbonique donnent immédiatement de l'alcool, on ne peut pas admettre que les poussières atmosphériques aient pénétré dans l'intérieur des cellules; c'est donc le milieu organique qui a produit directement la fermentation en engendrant le ferment alcoolique, même à l'abri de l'oxygène.

M. PASTEUR.

6° *Dans l'intérieur des grains de l'expérience précédente il n'y a pas de cellule de levûre, alors même que la quantité d'alcool produite est considérable.*

M. FREMY

Je crois qu'aujourd'hui M. Pasteur ne serait plus aussi affirmatif, et que, d'accord avec plusieurs observateurs, il retrouverait du ferment alcoolique dans l'intérieur des fruits qui ont éprouvé la fermentation intracellulaire.

Supposons même que M. Pasteur ne retrouve pas, dans les cellules, le ferment alcoolique ordinaire.

Je demanderai à M. Pasteur s'il connaît bien toutes les espèces de ferments alcooliques qui peuvent se former : celui qui a produit la fermentation alcoolique intracellulaire peut avoir échappé à ses recherches.

M. PASTEUR

7° *Les gouttes d'une grappe de raisin écrasé fermentent comme les grandes masses de vendange.*

M. FREMY

M. Pasteur émet cette proposition pour répondre à une objection que je lui avais faite à un moment où je pensais que, pour établir l'inertie d'un suc de raisin mis à l'abri des poussières, il opérait sur des fractions de gouttes de jus de raisin placées dans des tubes étroits.

Cette observation n'a plus d'importance au-

jourd'hui : cependant je dois dire ici qu'il m'est arrivé souvent de préserver un suc de fruit de la fermentation en l'introduisant dans des tubes capillaires qui ne contiennent qu'une faible quantité d'air dont la composition se trouve promptement altérée.

M. PASTEUR

8° *Le moût de raisin naturel donne naissance à une petite levûre qui apparaît de prime-saut avec sa grosseur, et non avec toutes les grosseurs, entre le point apercevable et la dimension des bourgeons détachés des cellules.*

M. FREMY

Cette assertion se trouve en contradiction avec tous les faits qui ont été constatés par un grand nombre d'observateurs, et même avec un principe admis par M. Pasteur lui-même. N'a-t-il pas dit que la fermentation alcoolique est

toujours accompagnée d'une organisation et d'un développement de globules?

Comment M. Pasteur peut-il faire accorder ce développement de globules avec la génération de prime-saut des ferments?

Les théories de M. Pasteur conduisent donc à des contradictions évidentes.

Je viens de résumer, d'une manière assez complète, la discussion que j'ai soutenue contre M. Pasteur devant l'Académie des sciences pendant les années 1871 et 1872.

Pour réfuter les théories de M. Pasteur sur la génération des ferments, on voit que j'ai eu plutôt recours, jusqu'à présent, à des arguments inspirés par la logique et le bon sens qu'à des démonstrations expérimentales proprement dites.

J'ai actuellement à faire connaître les expériences que j'oppose à celles qui ont été produites par M. Pasteur, et que j'ai instituées à l'occasion du débat qui s'est engagé devant l'Académie.

POUSSIÈRES DE L'AIR ET MOISISSURES

Les partisans des théories de M. Pasteur étendent à la génération des ferments tous les faits qui se rapportent au développement des moisissures : ils soutiennent que la production des moisissures, par les poussières de l'air, établit également la génération des ferments par les mêmes poussières.

Ce raisonnement me paraît absolument faux, et je proteste de la manière la plus énergique contre une pareille confusion.

Avant de traiter de la génération des ferments, je tiens donc à m'expliquer nettement sur le mode de production des moisissures et

à faire ressortir les analogies ou les différences qui existent entre la formation de ces deux sortes d'agents de décomposition organique.

Si je combats l'existence dans l'air des germes de ferments, je suis loin de nier, comme je l'ai déclaré plusieurs fois, la présence accidentelle dans l'air atmosphérique d'organismes différents qui, en tombant dans les milieux fermentescibles, y produisent des altérations plus ou moins profondes et dont l'action s'ajoute alors à celle des ferments.

Je sais que dans les poussières de l'air, que le soleil nous fait apercevoir si facilement et que l'on peut recueillir par différentes méthodes, il existe des germes d'organismes tels que des œufs d'infusoires et des spores de mycodermes ; cependant j'affirme que ces germes ne sont pas aussi répandus dans l'air que le croit M. Pasteur.

J'admets également qu'un air qui produit des moisissures dans des *infusions organiques soumises à l'ébullition* perd cette propriété lorsqu'on le prive de ses germes organiques.

Ces faits sont incontestables et acquis à la science depuis longtemps.

Mais l'influence des poussières de l'air sur le développement des moisissures n'exclut pas

la puissance végétative des infusions organiques qui n'ont pas été soumises à l'ébullition et qu'on expose à l'influence vivifiante de l'air atmosphérique.

En un mot, M. Pasteur croit que les moisissures ne peuvent être engendrées que par les germes qui se trouvent en suspension dans l'air, et il n'accorde pas cette force de production aux liquides qui sortent des organismes.

Ma théorie est plus large; j'admets que les moisissures peuvent être formées par les germes atmosphériques, mais aussi par les liquides vivants qui possèdent une force végétative que l'organisation leur a communiquée.

Seulement les infusions organiques perdent la faculté de produire des moisissures lorsqu'on les a tuées par l'ébullition, ou qu'on les abandonne dans un air dont la composition se trouve modifiée par le contact même du liquide organique.

Telle est mon opinion sur la génération des moisissures; je leur attribue, comme on le voit, deux origines : elles peuvent provenir de l'air et aussi des liquides organiques.

Ces deux origines différentes peuvent-elles être admises pour les ferments? Ces agents viennent-ils à la fois de l'air et des liquides or-

ganiques? Je ne le pense pas ; et ici je diffère complétement d'opinion avec M. Pasteur, qui affirme, comme on le sait, que tous les ferments viennent de l'air, tandis que je soutiens que les ferments ne sont apportés par l'air que dans des cas exceptionnels et que c'est le milieu fermentescible qui les produit directement.

Ce point du débat étant je crois nettement posé, je vais décrire les expériences qui me paraissent de nature à confirmer les principes que je défends.

I

Les poussières qui se trouvent en suspension dans l'air peuvent être recueillies par différentes méthodes.

On sait que l'air qui passe sur une colonne suffisamment longue de coton-poudre y dépose toutes les particules solides qu'il tient en suspension. Quand on dissout ensuite le tissu organique qui a servi à la filtration de l'air, dans un mélange d'alcool et d'éther, on obtient, comme M. Pasteur l'a démontré, tous les organismes solides qui se trouvaient dans l'air; les poussières de l'air, ainsi recueillies, pro-

duisent constamment des moisissures, lorsqu'on les sème dans des liquides organiques altérables.

Si l'air contenait, comme le veut M. Pasteur, les germes des ferments qui engendrent les fermentations proprement dites, c'est-à-dire les germes de ferments alcoolique, butyrique, lactique, acétique, tartrique, etc., et si ces germes existaient dans l'air en assez grande quantité pour faire fermenter en tous lieux du suc de raisin, du lait ou du moût de bière, n'est-il pas évident que cet air, ainsi chargé de germes différents, devrait laisser sur le coton-poudre des germes de ferments appréciables au microscope, comme il laisse des spores de moisissures et des œufs d'infusoires que l'on voit très-nettement? ce coton-poudre, ainsi imprégné de germes de ferments, devrait produire toutes les fermentations qui se manifestent par le contact de l'air, comme il engendre les moisissures.

Rien de semblable n'a lieu. J'ai fait passer des centaines de litres d'air sur du coton-poudre ; j'en ai extrait les particules solides que l'air y avait déposées ; en les soumettant à un examen microscopique, je n'ai jamais rencontré, dans ces poussières, des organismes qui pourraient correspondre aux germes atmo-

sphériques de ferments qui, d'après M. Pasteur, devraient exister dans l'air.

Il y a plus ; j'ai introduit ces corpuscules, arrêtés par le coton, dans les liquides qui conviennent le mieux au développement des germes et qui étaient composés de sucre, de tartrate d'ammoniaque et de cendres de levûre ; des moisissures se sont développées au bout d'un certain temps dans la liqueur, parce que les poussières contenaient des spores de mycodermes; mais dans ces essais, que j'ai multipliés autant que possible, je n'ai jamais produit les fermentations variées qui auraient dû se manifester si l'air eût contenu des germes de ferments différents.

J'ai soumis à de pareilles épreuves des poussières recueillies dans les localités les plus diverses ; elles ont souvent engendré des moisissures, mais dans aucun cas elles n'ont donné naissance aux fermentations que produisent les sucs de fruits, le moût de bière et le lait.

Ces premières observations me paraissent donc établir déjà que les germes de ferments ne se trouvent pas dans les particules solides contenues dans l'air et que sous ce rapport il existe une différence considérable entre la génération des ferments et celle des moisissures.

II

Leeuwenhoek démontrait, il y a plus de deux siècles, que l'eau de pluie entraîne presque tous les organismes qui existent dans l'air, et que la première eau de pluie détermine très-facilement des moisissures dans des liquides organiques, tandis que la dernière n'est plus sensiblement active.

S'il existait dans l'air des germes de ferments, la pluie devrait les entraîner, comme elle enlève les œufs d'infusoires et les spores de mycodermes.

En faisant fermenter, à l'air, du suc de raisin, du moût de bière, du lait ou de l'eau de levûre sucrée, je n'ai jamais constaté de différences entre ces fermentations opérées avant ou après la pluie.

Les poussières de l'air, qui exercent une influence incontestable sur la production des moisissures, n'agissent donc en aucune manière sur les phénomènes de fermentation.

III

Pour démontrer que les moisissures sont produites par des germes qui existent dans l'air,

M. Pasteur a emporté ses ballons à col recourbé, qui contenaient des infusions organiques, sur une haute montagne, et là, en cassant l'extrémité du col des ballons, il a mis les liquides altérables en contact avec de l'air qu'il considérait comme éminemment pur, et qui ne devait pas contenir sensiblement de germes de mycodermes.

Il a constaté que, dans un grand nombre de cas, l'air ainsi privé de germes de moisissures n'exerce aucune action sur les liquides organiques.

M. Pasteur a tiré de cette observation la conclusion suivante : c'est que les poussières atmosphériques sont les seules causes de la production des moisissures.

Si ce raisonnement est juste, il doit s'appliquer aussi bien aux germes de ferments qu'aux germes de mycodermes : si les poussières de l'air sont les seules causes de la génération des ferments, les liquides fermentescibles ne doivent pas s'altérer dans un air pur.

Ici encore l'expérience donne tort à M. Pasteur : j'ai reconnu en effet que les liquides fermentescibles tels que le lait, le suc de raisin, le moût d'orge, l'eau de levûre sucrée, fermentent aussi facilement sur les montagnes élevées que dans les villes.

Les poussières de l'air n'engendrent pas les ferments : les observations faites sur les moisissures ne peuvent donc pas s'appliquer aux fermentations.

IV

M. Pasteur a démontré qu'une liqueur sucrée qui contient du tartrate d'ammoniaque et des cendres de levûre peut, aussi bien que l'albumine, convenir au développement des germes de ferments.

Je me suis servi précisément de cette liqueur artificielle, qui ne contient pas d'organismes, et dont la composition a été donnée par M. Pasteur, pour démontrer qu'il est impossible d'admettre, dans l'air, la présence des germes de ferments.

Si ces germes existent réellement dans l'air, n'est-il pas évident qu'en exposant à l'air une liqueur qui, comme celle de M. Pasteur, est éminemment propre au développement des germes de ferment, elle devrait manifester toutes les espèces de fermentations qu'un suc de fruit éprouve à l'air?

Or, il n'en est rien ; dans toutes les expé-

riences que j'ai répétées un grand nombre de fois, la liqueur de M. Pasteur n'a jamais produit une fermentation directe comparable à celle qu'éprouve une dissolution de sucre dans laquelle on introduit de la levûre : au bout de quelque temps, elle a seulement donné naissance à des moisissures.

Cette observation démontre donc, comme je l'ai dit devant l'Académie, l'absence des germes de ferments dans l'air atmosphérique ; elle renverse complétement la théorie de la panspermie atmosphérique que M. Pasteur applique à la génération des ferments.

Lorsque M. Pasteur a eu connaissance de l'observation que je viens de reproduire, il m'a adressé, dans une séance de l'Académie, une réponse dont tout le monde reconnaîtra la faiblesse :

« M. Fremy sait-il bien ce qu'il demande ? s'est écrié M. Pasteur ; c'est à peu près de faire pousser du blé dans un terrain couvert d'autres plantes : si dans l'expérience de M. Fremy les fermentations ne se sont pas manifestées lorsqu'une liqueur composée de sucre, de tartrate d'ammoniaque et de cendres de levûre a été exposée à l'air, c'est que cette liqueur s'est couverte de moisissures ; la place étant

prise par les mycodermes, les ferments n'ont pas pu se développer. »

Voici donc la réponse de M. Pasteur : *la place est prise*, et les moisissures empêchent les germes atmosphériques de ferments de se développer.

Qui pourrait accepter une pareille assertion? Puisque M. Pasteur compare souvent les milieux fermentescibles à des terrains agricoles, et le développement des ferments à des phénomènes de germination, je lui dirai qu'en semant dans une terre, au même moment, des graines différentes, on constate parfaitement le *développement simultané*, au moins pendant un certain temps, des végétaux les plus divers.

Si l'air contenait, comme le croit M. Pasteur, des spores de mycodermes et des germes de différents ferments, et si cet air venait à semer ces germes dans des milieux propres à leur développement, quelques-uns de ces germes de ferments agiraient sur le sucre et produiraient au moins un commencement de fermentation : c'est ce qui n'a jamais lieu.

Pour compléter ici la réponse que j'avais déjà faite à M. Pasteur devant l'Académie, je me suis livré à des essais directs, afin d'opposer des expériences aux affirmations de mon savant

confrère et de rechercher si réellement les moisissures empêchent le ferment alcoolique de se développer et d'agir sur le sucre.

En introduisant des spores de moisissures et de la levûre de bière dans une liqueur propre au développement du ferment qui contenait du sucre, du tartrate d'ammoniaque et des cendres de levûre, j'ai reconnu que les deux organismes peuvent se développer simultanément, et que la présence des mycodermes n'arrêtait pas la fermentation alcoolique.

M. Pasteur a consigné dans ses recherches, et reproduit récemment la déclaration suivante :

« Si l'on constitue des milieux fermentescibles dans lesquels il n'existe que trois sortes de substances, des matières pouvant fermenter, des sels minéraux convenablement choisis, et en troisième lieu des germes de ferments, les fermentations se déterminent. »

J'ai constitué, d'après les indications de M. Pasteur, un milieu contenant la matière fermentescible, j'y ai ajouté des sels minéraux convenablement choisis, et j'ai exposé le milieu fermentescible au contact de l'air : des ferments ne se sont pas produits ; la fermentation n'a pas eu lieu, donc l'air atmosphérique ne contient pas de germes de ferments.

L'argument que j'ai opposé à M. Pasteur, dans une séance de l'Académie, conserve donc toute sa force.

V

Pendant longtemps M. Pasteur s'est contenté de soutenir que les ferments étaient produits par des germes qui existaient dans l'air, sans s'expliquer sur leur nature véritable et sur les moyens à employer pour constater leur présence dans l'atmosphère : il était bien difficile alors de discuter le rôle physiologique d'êtres invisibles et insaisissables. Mais une déclaration de M. Pasteur, faite à la séance de l'Académie du 22 janvier 1872, est venue changer complétement l'état de la question, et lui a fait faire un pas considérable.

M. Pasteur s'est exprimé de la manière suivante devant l'Académie :

« Je puis démontrer avec rigueur que le germe de la levûre de raisin est le germe du *Mycoderma vini*, que ce germe est un des plus répandus dans l'atmosphère, principalement au printemps et en été. »

Je me suis empressé de constater devant l'Académie, l'importance de cette déclaration faite par M. Pasteur, et de montrer l'influence qu'elle devait exercer sur la discussion.

« Voici enfin, ai-je dit à l'Académie, la théorie de M. Pasteur sur la panspermie atmosphérique qui pourra être soumise à l'épreuve rigoureuse de la méthode expérimentale ; aucune découverte, *si elle est vraie*, ne sera plus utile à la discussion que je soutiens contre M. Pasteur. Toutes les fois qu'un suc de raisin fermentera à l'air, c'est que cet air contiendra, d'après M. Pasteur, des germes de *Mycoderma vini :* il est bien entendu que si le suc du fruit, bien filtré et ne contenant pas d'organismes, fermente dans un air qui ne présente pas de germes du *Mycoderma vini*, c'est que la théorie de M. Pasteur est fausse, et que les ferments sont produits par le liquide organique lui-même. »

Il me restait donc à soumettre aux épreuves de l'expérience les déclarations de M. Pasteur, et à rechercher si, effectivement, un suc de raisin bien limpide et privé de tout germe du *Mycoderma vini* était par cela même soustrait à la force de fermentation.

L'expérience est venue condamner la théorie

de M. Pasteur : j'ai préparé du suc de raisin d'une limpidité absolue, dans lequel on n'apercevait pas de traces d'organismes, je l'ai introduit dans des flacons où je faisais arriver l'air entièrement débarrassé de germes, soit par son passage sur du coton, soit par la chaleur, soit par l'action de réactifs énergiques : dans ces conditions, le suc de raisin est entré toujours en fermentation, et a produit des quantités abondantes de ferment alcoolique.

Il est donc établi que du suc de raisin qui ne contient pas de germes du *Mycoderma vini*, et qui se trouve placé dans un air qui n'en présente pas, peut produire des ferments.

Comme, d'après M. Pasteur lui-même, c'est le germe du *Mycoderma vini* qui donne lieu au ferment du raisin, on est conduit à admettre ainsi que dans du suc de raisin le ferment est engendré par le liquide organique, et non pas les poussières de l'air.

VI

Pour établir les différences considérables qui existent entre la génération des ferments et celle des moisissures, j'ai institué les expériences

suivantes qui me paraissent absolument concluantes :

Lorsqu'on expose à l'air, dans des appareils différents, de l'eau de levûre sucrée que l'on fait bouillir, ou du suc de raisin soumis préalablement à l'ébullition, on constate que ces liquides n'entrent plus en fermentation ; mais au bout de quelque temps ils se couvrent de moisissures qui finissent par envahir les liqueurs, et qui produisent des phénomènes que j'analyserai plus loin.

J'explique ces faits de la manière la plus simple en admettant que l'ébullition a détruit la force végétative du liquide et lui a enlevé le pouvoir d'engendrer des ferments.

Mais comme l'air contient souvent des spores de moisissures, on comprend le développement de mycodermes dans un liquide organique exposé à l'air après son ébullition.

N'est-il pas évident que si l'air eût contenu des germes de ferments, ces germes se seraient développés dans le liquide organique bouilli, comme les spores atmosphériques de *Penicillium* ?

M. Pasteur dira peut-être que les germes atmosphériques de ferment ne se sont pas développés dans le liquide, d'abord parce que la liqueur ne convient pas à ces organismes,

et ensuite parce que *la place est prise* par les mycodermes.

L'observation que je vais consigner dans le paragraphe suivant démontrera clairement que cette argumentation ne peut pas être admise.

Je prouverai en effet que les mycodermes qui se forment dans le liquide soumis à l'ébullition peuvent eux-mêmes engendrer des ferments qui font entrer ensuite la liqueur en fermentation.

Donc le liquide organique, dans l'expérience précédente, était propre au développement des germes de ferments, puisqu'à partir du moment où les moisissures se forment, les ferments apparaissent, et que ce même liquide entre ensuite en fermentation.

Il sera établi en outre, par cette observation, que la présence de mycodermes n'empêche pas l'action des ferments alcooliques.

On arrive donc forcément à la conclusion suivante :

Si un liquide organique porté à l'ébullition et sucré, que l'on expose à l'air, se couvre de moisissures et ne fermente pas, c'est que l'air contient des spores de mycodermes et qu'il ne renferme pas de germes de ferments.

VII

Les observations que je vais décrire sont de nature à déterminer les rapports qui existent entre la génération des ferments et celle des moisissures.

Les travaux si nombreux et si importants de MM. Turpin, Trécul, Berkeley, Bail, Hoffmann, Béchamp, Pouchet, Hollier, Musset, Joly, etc., publiés sur cette question, limitaient beaucoup ceux que j'avais à entreprendre.

Mes recherches ont porté particulièrement sur les moisissures qui s'engendrent dans les dissolutions de quelques corps organiques tels que l'acide tartrique, le citrate de magnésie, la décoction de noix de galle, les eaux de lavage du noir de raffineries, le moût de bière et le moût de raisin.

Elles ont pour but d'établir qu'il se forme, dans l'intérieur des tubes mycodermiques, par conséquent dans des conditions où les poussières de l'air ne peuvent pas pénétrer, des organismes qui agissent ensuite comme de véritables ferments.

La production de ferments dans de pareils

conditions est, je crois, une démonstration rigoureuse de la thèse que je soutiens contre M. Pasteur ; elle prouve, en effet, que les organismes créent directement des ferments sans l'intervention des germes atmosphériques.

Lorsqu'on suit au microscope la formation des tubes mycodermiques qui se développent dans une dissolution d'acide tartrique, on reconnaît que ceux qui sont de nouvelle formation restent incolores, transparents, et qu'ils ne contiennent pas de particules solides dans leur intérieur.

En vieillissant, ces tubes prennent de la couleur et se remplissent de corpuscules organisés qui peuvent sortir des tubes et se mettre en suspension dans la liqueur, soit spontanément, soit par une légère pression.

Si on introduit cette végétation mycodermique dans une mousseline très-fine et qu'on la comprime dans de l'eau distillée, il est facile de séparer mécaniquement les granules qui existent dans les tubes. En mettant séparément dans de l'eau sucrée ces deux parties de la végétation mycodermique, j'ai reconnu que les tubes n'agissaient que très-lentement sur le sucre, tandis que les granules qui présentaient l'aspect de certains ferments trans-

formaient le sucre soit en acide lactique, soit en acide butyrique, et que, dans cette fermentation, il se dégageait tantôt de l'hydrogène, tantôt de l'acide carbonique.

Voici donc un mode de génération de ferments bien nettement établi ; en suivant une végétation mycodermique on assiste à la formation de véritables ferments qui s'engendrent dans des tubes organiques fermés, par conséquent dans des conditions où les prétendus germes atmosphériques de M. Pasteur, c'est-à-dire les poussières de l'air, ne peuvent pas pénétrer.

La production intracellulaire des ferments, en présence des mycodermes, détruit, comme je l'ai dit, cette affirmation de M. Pasteur relative à l'influence des moisissures qui, d'après lui, s'opposeraient, *en prenant une place prépondérante dans le liquide*, au développement des ferments alcooliques.

Les premiers tubes mycodermiques incolores qui apparaissent dans le liquide n'exercent d'abord sur lui aucune action chimique ; mais dès que ces tubes prennent de la coloration et de l'opacité, ils émettent des granules, qui sont de véritables ferments ; ils agissent alors sur le sucre et le décomposent.

Les moisissures et les ferments peuvent donc se développer simultanément dans un liquide sucré : ce liquide exposé à l'air devrait éprouver la fermentation s'il existait réellement dans l'air des germes de ferments.

VIII

Je dois ici aller au-devant d'une objection que l'on pourrait adresser à l'observation précédente.

L'air, pourrait-on me dire, contient des germes de mycodermes ; vous admettez que ces mycodermes, dans leur développement organique, produisent des ferments ; donc tous les ferments viennent de l'air et des germes qu'il contient.

Un pareil raisonnement est inadmissible ; il ne faut pas confondre le phénomène qui se produit *d'une façon secondaire* avec la génération ordinaire des ferments qui *est directe et immédiate.*

On sait que lorsqu'un liquide sucré, comme le suc du raisin, entre en fermentation, il se

trouble immédiatement, et se remplit de grains de ferment; on n'y trouve jamais de tubes mycodermiques. La génération des ferments est donc directe et ne se produit pas par l'intermédiaire des moisissures.

Telles sont les principales considérations qui établissent, selon moi, une différence essentielle entre la génération des moisissures et celle des ferments; je les résumerai en quelques mots.

Toutes les observations qui prouvent la présence accidentelle dans l'air de germes de moisissures peuvent être invoquées pour démontrer précisément l'absence des germes de ferments.

Ainsi les infusions organiques sucrées, portées à l'ébullition et exposées à l'air, se couvrent au bout d'un certain temps de moisissures et ne fermentent pas, ce qui prouve que l'air contient des germes de moisissures et non des germes de ferments.

Les liquides fermentescibles tels que le lait, les sucs de fruits, fermentent en tous lieux, même dans un air purifié par une longue pluie, tandis que les liquides organiques portés à

l'ébullition et placés dans les mêmes conditions n'engendrent plus de moisissures ; cette observation établit donc que les moisissures peuvent être produites par les poussières de l'air, tandis que c'est la force végétative des liquides organiques qui engendre les ferments.

Enfin les poussières de l'air, une fois recueillies, introduites dans les liquides organiques sucrés, produisent rapidement des moisissures, tandis qu'elles n'engendrent pas directement des ferments.

En m'appuyant sur les faits qui précèdent, je suis donc déjà en droit de soutenir que la génération des moisissures par les poussières de l'air ne peut pas être étendue à celle des ferments, que rien ne démontre l'existence dans l'air de germes de ferments, et que ces agents de décomposition paraissent tirer leur origine des liquides organiques eux-mêmes, qui sont doués d'une véritable force végétative.

C'est cette vitalité de certains liquides organiques, ou plutôt celle des corps hémiorganisés qui s'y trouvent, que je vais essayer de démontrer actuellement par l'expérience.

IX

EXPÉRIENCES QUI ÉTABLISSENT LA VITALITÉ ET LA FORCE VÉGÉTATIVE DE CERTAINS LIQUIDES ORGANIQUES

La théorie de la génération des ferments que je soutiens et que j'oppose à celle de M. Pasteur repose sur le principe suivant : c'est que les cellules vivantes, et certains liquides qu'elles contiennent, possèdent une force d'organisation qui leur permet d'engendrer des ferments.

La vitalité des cellules dans lesquelles les ferments se produisent n'a pas besoin d'être démontrée ; elle est admise par tout le monde.

Mais il n'en est pas de même des liquides dans lesquels l'inspection microscopique ne permet pas souvent de distinguer des formes organiques bien nettes.

C'est donc la vitalité des liquides organiques qu'il s'agit d'établir par l'expérience.

Dans cette étude, il m'a paru d'abord indispensable de soumettre à une série d'essais les ballons à col effilé et recourbé qui ont joué un grand rôle dans les travaux de M. Pasteur et de rechercher si ces appareils, dans lesquels les liquides organiques ont été si souvent expérimentés, ne peuvent pas eux-mêmes occasionner des erreurs.

L'air qui rentre dans un ballon, après l'ébullition d'un liquide placé dans ce ballon à col effilé et recourbé, n'est-il pas altéré rapidement par l'action du liquide qui a conservé, même après l'ébullition, une certaine force végétative, comme cela arrive pour le lait?

En outre, les phénomènes de diffusion du gaz se produisent-ils dans un ballon dont le col est effilé et recourbé? Si la diffusion n'a pas lieu, les liquides organiques abandonnés dans un ballon à col effilé et recourbé ne se trouvent plus dans un air atmosphérique normal, quoique le col du ballon soit ouvert.

Alors, les phénomènes observés par M. Pasteur dans ces sortes d'appareils ne seraient pas dus seulement à l'absence des germes atmosphériques, mais aussi aux modifications que l'atmosphère des ballons a éprouvées dans sa composition chimique.

Les expériences consignées dans les tableaux suivants ont été instituées pour résoudre quelques-unes de ces questions.

ACTION

Action des différents liquides organiques sur l'air contenu dans des ballons à col effilé et recourbé.

Nos	NATURE des substances mises en expérience.	DATE de la mise en expérience.	DATE de l'analyse.	TEMPÉRATURE du chauffage.	DURÉE du chauffage.	QUANTITÉS d'oxygène et d'acide carbonique contenues dans le ballon après l'expérience.	
						Oxygène pour 100 d'air.	Acide carbonique pour 100 d'air.
1	Lait normal	20 novembre	23 novembre	Non chauffé.		0	18
2	*Idem.*	20 novembre	25 novembre	*Idem.*		0	19
3	*Idem.*	27 novembre	28 novembre	*Idem.*		13	9
4	Lait récemment trait	27 novembre	28 novembre	*Idem.*		17	0
5	*Idem.*	27 novembre	29 novembre	*Idem.*		12	5
6	*Idem.*	27 novembre	2 décembre	*Idem.*		0	22
7	Lait normal	2 mars	20 novembre	100°	10 minutes.	20	0
8	*Idem.*	20 février	20 novembre	100°	15 minutes.	21	0
9	Lait récemment trait	27 novembre	2 décembre	100°	2 minutes.	2	3
10	Lait normal	20 novembre	23 novembre	100°	5 minutes.	20	0
11	*Idem.*	20 novembre	2 décembre	100°	5 minutes.	20	0
12	*Idem.*	20 novembre	23 novembre	100°	15 minutes.	20	0
13	*Idem.*	7 février	19 novembre	100°	30 minutes.	18	0
14	*Idem.*	2 mars	21 novembre	100°	1 heure.	18	4
15	*Idem.*	2 mars	21 novembre	100°	2 heures.	20	0
16	*Idem.*	12 mars	22 novembre	100°	3 heures.	21	0
17	*Idem.*	21 mars	22 novembre	100°	3 heures.	20	0
18	*Idem.*	21 mars	22 novembre	100°	3 heures.	18	5
19	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

28	*Idem.*	26 mars	25 novembre	100°	2 minutes.	19	0
29	*Idem.*	26 mars	25 novembre	100°	2 minutes.	16	18
30	Lait mélangé de carbonate de chaux	7 février	24 novembre	100°	30 minutes.	2.5	16
31	*Idem.*	9 février	27 novembre	112°	1 heure.	17.5	2.5
32	*Idem.*	6 mars	27 novembre	120°	1 heure.	16	6
33	Lait sucré et carbonate de chaux.	8 février	27 novembre	100°	10 minutes.	17	6
34	*Idem.*	8 février	27 novembre	100°	30 minutes.	21	0
35	Moût de bière alcalin	20 juillet	26 novembre	Non chauffé.		10	6
36	Moût de bière	23 juillet	26 novembre	*Idem.*		2	22
37	*Idem.*	25 janvier	26 novembre	100°	30 minutes.	19	0
38	*Idem.*	24 juillet	26 novembre	100°	4 heures.	21	0
39	Jus de raisin limpide	6 novembre	28 novembre	Non chauffé.		4	86
40	Même jus + mercure	6 novembre	28 novembre	*Idem.*		17	0
41	Jus de raisin trouble	10 octobre	25 novembre	*Idem.*		16	12
42	Jus filtré	10 octobre	25 novembre	*Idem.*		11	24
43	*Idem.*	7 octobre	25 novembre	100°	2 minutes.	21	0
44	Jus de raisin éclairci à l'air	2 mars	25 novembre	100°	2 minutes.	21	0
45	Pulpes de raisin + eau sucrée	2 mars	25 novembre	100°	2 minutes.	20	0
46	Eau diastasique sucrée	6 mai	29 novembre	Non chauffé.		21	0
47	Eau diastasique + eau de farine	6 mai	29 novembre	*Idem.*		0	12
48	Eau d'orge	29 avril	27 novembre	15°	1 heure.	21	0
49	*Idem.*	29 avril	27 novembre	15°	2 heures.	19	0
50	*Idem.*	29 avril	27 novembre	15°	1 jour.	0	14
51	Orge broyée + eau sucrée	29 février	24 novembre	Non chauffé.		19	0
52	Orge broyée + eau sucrée	30 déc. 1871	24 novembre	*Idem.*		19	0
53	Eau sucrée + levûre	21 février	24 novembre	100°	3 minutes.	21	0
54	Eau sucrée + levûre	21 février	24 novembre	100°	15 minutes.	3	16
55	Bouillon de levûre	2 mars	23 novembre	Non chauffé.		3	14
56	Bouillon de levûre + poussières	18 février	23 novembre	100°	15 minutes.	21	0
57	Jaune de l'œuf	25 novembre	28 novembre	Non chauffé.		0	13
58	Blanc de l'œuf	25 novembre	28 novembre	*Idem.*		2	7
59	Sang défibriné	26 novembre	28 novembre	*Idem.*		0	7
60	Dissolution de gélatine du commerce	25 novembre	28 novembre	*Idem.*		20	0
61	Dissolution d'albumine desséchée	25 novembre	28 novembre	*Idem.*		20	0
62	Infusion de noix de galle	11 janvier	24 novembre	100°	2 minutes.	20	0
63	Tannin	11 janvier	24 novembre	100°	2 minutes.	18	0

Les expériences dont je viens de faire connaître les résultats conduisent aux conséquences suivantes, qui me paraissent importantes au point de vue de la discussion que je soutiens contre M. Pasteur :

1° Les liquides organiques abandonnés dans un ballon à col effilé, recourbé et ouvert, peuvent, suivant leur nature, agir sur l'atmosphère du ballon et modifier profondément sa composition. Dans ce cas, l'oxygène de l'air est absorbé par la substance organique et remplacé d'une manière plus ou moins complète par de l'acide carbonique. C'est ce fait que j'ai constaté pour le lait, le jus de raisin, le moût de bière, l'eau de levûre, l'eau de farine, le jaune d'œuf, le blanc d'œuf et le sang.

2° Cette absorption de l'oxygène par les substances hémiorganisées se fait souvent avec une grande rapidité. J'ai constaté que, pour le lait sortant du pis de la vache, pour le jaune d'œuf et pour le sang, l'absorption de l'oxygène était complète au bout de quelques heures.

La rapidité de cette absorption d'oxygène dépend de la nature du corps hémiorganisé et de la température à laquelle le liquide est exposé.

3° *L'absorption rapide de l'oxygène et sa*

transformation en acide carbonique, dans les expériences que je viens de citer, me paraissent démontrer que les substances hémiorganisées qui se trouvent dans certains liquides organiques peuvent être considérées comme étant réellement vivantes : leur action sur l'air rappelle en effet celle des organes vivants.

4° L'action de la chaleur sur certains liquides organiques semble établir également la vitalité des corps hémiorganisés : il résulte en effet des observations que j'ai faites sur le lait, le moût de bière et le jus de raisin, que ces liquides, chauffés pendant un temps suffisant à la température de 100°, n'agissent plus d'une manière sensible sur l'oxygène atmosphérique. Les substances hémiorganisées qu'ils contenaient sont donc tuées par la chaleur.

5° Les analyses consignées dans le tableau précédent prouvent que des ballons dont le col effilé est resté ouvert pendant près d'une année contiennent, dans leur intérieur, un gaz bien différent de l'air atmosphérique, et qui est formé presque exclusivement d'azote et d'acide carbonique.

Ainsi, dans l'appareil à col effilé, recourbé en col de cygne et ouvert, qui a été employé si

fréquemment par M. Pasteur, l'air se modifie, quant à sa composition chimique, sous l'influence des liquides organiques qui s'y trouvent; par conséquent, ces liquides, abandonnés dans des appareils de cette nature, ne sont pas dans des conditions normales; les phénomènes qui s'y produisent ne peuvent donc pas être comparés à ceux qui se réaliseraient dans de l'air atmosphérique ordinaire.

6° Lorsqu'on reconnaît que des liquides comme le lait, le moût d'orge ou le jus de raisin, sont *tués* par l'ébullition et n'exercent plus d'action sur l'oxygène, on est en droit de soutenir que toutes les observations faites par M. Pasteur dans ses ballons et sur des liquides organiques soumis à l'ébullition seraient bien différentes si elles eussent porté sur un liquide organique vivant.

7° Un fait fort important résulte encore des expériences précédentes : on voit en effet que si des liquides tels que les sucs de fruits sont tués complétement après une ébullition de quelques instants, il en est d'autres, tels que le lait et l'eau de levûre, qui conservent encore une certaine vitalité même après une ébullition prolongée pendant quelques instants.

Dans la suite de ce travail je m'appuierai sur

cette observation pour expliquer certaines particularités que présente la fermentation du lait et pour établir la théorie véritable des conserves d'Appert.

8° Lorsque M. Pasteur montre des liquides organiques qui se conservent dans des appareils fermés ou dans des ballons à col effilé et ouvert, et qu'il attribue leur conservation à l'absence des germes de l'air, on peut lui dire que cette conservation est due, soit à l'ébullition qui a tué la substance hémiorganisée vivante contenue dans le liquide, soit à la décomposition qu'éprouve l'air dans son contact avec les corps organiques ; dans ce dernier cas, c'est l'acide carbonique produit aux dépens de l'oxygène atmosphérique qui s'oppose à l'altération du liquide, lors même qu'il n'a pas été porté à l'ébullition.

Dans la conservation des liquides organiques, M. Pasteur attribue donc à la destruction des germes atmosphériques une influence qui n'est pas réelle.

X

CONSERVATION DES LIQUIDES ORGANIQUES QUI N'ONT PAS ÉTÉ SOUMIS A L'ÉBULLITION

Pour démontrer que les germes atmosphériques sont les causes de la production des ferments, M. Pasteur ne s'est pas seulement servi des ballons à col effilé et recourbé, dans lesquels la liqueur soumise à l'ébullition se refroidissait à l'abri des poussières de l'air ; il a disposé d'autres appareils destinés à conserver des liquides non chauffés et pris dans l'organisation à l'abri des germes atmosphériques, tels que le lait, le sang, l'urine, le suc de raisin.

En prouvant qu'un liquide organique altérable se conserve dès qu'il est soustrait à l'influence

des poussières atmosphériques, M. Pasteur paraissait répondre d'une manière victorieuse aux objections que je lui ai faites, et démontrer le principe de la panspermie atmosphérique.

Ici encore il m'est impossible d'accepter les démonstrations de M. Pasteur, et je crois avoir constaté que, dans ces sortes d'expériences, la conservation ou l'altération des liquides sont dues à des causes bien différentes de celles qui ont été indiquées par M. Pasteur.

J'ai introduit en effet dans des ballons dont le col était ensuite fermé à la lampe, et qui contenaient par conséquent de l'air ordinaire, des liquides organiques tels que du sang sortant des veines d'un chien, de l'urine au moment de son émission et différents sucs de fruits.

Ces liquides, avant d'être placés dans les ballons, ont été exposés à l'air ; les sucs de fruits ont même été filtrés lentement et soumis pendant plusieurs heures à l'influence des poussières atmosphériques.

Dans la théorie de M. Pasteur, ces liquides, ayant été exposés à l'air et abandonnés dans de l'air ordinaire non purifié, devraient être chargés de germes atmosphériques et s'altérer toujours.

Eh bien ! dans de nombreuses observations j'ai constaté que ces liquides se conservent sou-

vent sans altération : il y a quelques jours, j'ouvrais, devant plusieurs chimistes attachés à mon laboratoire, des ballons contenant du sang et de l'urine abandonnés depuis un an dans de l'air ordinaire ; ces liquides ne paraissaient pas altérés ; ils n'avaient pas d'odeur désagréable et n'avaient pas dégagé de gaz.

J'attribue ces résultats à l'action chimique des liquides qui absorbent rapidement l'oxygène et qui produisent une atmosphère d'azote et d'acide carbonique dans laquelle les organismes ne peuvent pas se développer.

Quoique les observations de M. Pasteur sur les altérations du sang et de l'urine soient en dehors de la question que je traite dans ce travail, j'ai tenu cependant à établir que cette conservation, dans les ballons de M. Pasteur, des liquides pris dans l'organisation en dehors des prétendus germes de l'air, ne présente pas l'importance qu'on lui a attribuée.

Pour conserver des liquides organiques, il ne suffit donc pas, comme le croit M. Pasteur, de se mettre à l'abri des poussières atmosphériques, qui n'interviennent qu'accidentellement dans le phénomène ; il faut modifier la composition de l'air atmosphérique.

Des observations journalières confirment du

reste celles que j'ai faites dans mon laboratoire.

Ne sait-on pas en effet que du cidre sucré qui a été exposé à l'air pendant longtemps, et qui présente par conséquent toutes les particules que l'air peut contenir ou qui se trouvent à la surface des pommes, se conserve souvent pendant des années avec sa saveur sucrée, lorsqu'il est introduit dans des bouteilles bien fermées et placé dans des conditions qui suspendent la vie du liquide?

Ainsi le principe de la conservation des liquides organiques ne repose pas exclusivement sur la destruction des germes atmosphériques; *il est plutôt basé sur la destruction de la vitalité des liquides organiques.*

On fait mourir les liquides organiques par les procédés les plus divers, en employant la chaleur, la pression, l'alcool, un certain nombre d'agents chimiques, ou bien en plaçant les liquides altérables dans des atmosphères d'azote et d'acide carbonique qui rendent leur vie impossible.

Les principes fondamentaux de la conservation des liquides organiques vivants, que je viens d'établir, ne doivent pas cependant faire oublier l'influence accidentelle des poussières atmosphériques.

Il est évident que si l'air contient des spores

de mycodermes et des œufs d'infusoires, on a intérêt à détruire ces organismes dans l'air qui se trouve en rapport avec les liquides que l'on veut conserver : ces faits ne sont contestés par personne et Redi les établissait déjà lorsqu'il démontrait que, pour préserver la chair de la putréfaction, il suffit souvent de l'entourer d'une gaze fine qui retient les larves d'œufs de mouches.

Mais cette influence des poussières de l'air n'est que secondaire. L'air atmosphérique ne contient pas, comme je l'ai déjà dit, des organismes en aussi grande quantité que le croit M. Pasteur.

Tandis que les liquides qui sortent de l'organisation sont *toujours* vivants, ils possèdent *toujours* une force végétative suffisante pour créer des organismes. Pour obtenir une conservation certaine, il est donc de toute nécessité de tuer ces principes vivants, ou de suspendre leur activité vitale, comme cela arrive dans une graine dont on arrête, par la dessiccation, la force germinative.

Ces considérations me conduisent naturellement à traiter de la théorie des conserves d'Appert.

XI

THÉORIE DES CONSERVES D'APPERT

On sait que M. Pasteur, rejetant l'explication de Gay-Lussac, qui attribue la conservation des aliments, d'après la méthode d'Appert, à l'absorption de l'oxygène atmosphérique, applique ici encore sa théorie des germes atmosphériques : pour lui, lorsque des substances alimentaires introduites dans des bouteilles ou dans des boîtes métalliques, puis traitées par le procédé d'Appert, se conservent, c'est que l'ébullition tue les germes qui se trouvent dans l'air des appareils ou qui existent à la surface des corps organiques qu'il s'agit de conserver. M. Pasteur admet donc que l'air atmosphérique

privé de ses germes peut être mis impunément au contact des substances organiques.

D'après lui, un ballon à col effilé, recourbé et *ouvert* constitue une excellente conserve d'Appert : ce principe est extrait textuellement du travail de M. Pasteur.

En un mot, pour M. Pasteur, l'oxygène n'est pas la cause de l'altération des corps organiques : ce sont les germes atmosphériques qui déterminent seuls leur décomposition.

Dans cette théorie, M. Pasteur me paraît négliger une partie importante du phénomène; c'est la vie même des corps hémiorganisés qui existent dans les milieux organiques.

Pour moi la conservation des aliments par la méthode d'Appert repose sur trois conditions essentielles :

1° La destruction par la chaleur de la force végétative des substances hémiorganisées qui existent dans les aliments que l'on veut conserver;

2° L'absorption souvent complète de l'oxygène contenu dans les appareils, par les substances organiques, et la substitution de l'acide carbonique à l'oxygène;

3° L'absence des spores de mycodermes ou des œufs d'infusoires que l'air peut apporter

accidentellement ou qui se trouvent à la surface des corps organiques.

Dans sa théorie des conserves d'Appert, M. Pasteur a donc laissé de côté deux des trois conditions essentielles à la conservation des substances alimentaires.

Pour établir ces principes, j'ai à m'appuyer sur les observations de la pratique et sur des expériences qui me sont propres.

En déterminant la composition du gaz qui se trouvait dans des conserves préparées avec soin et d'une qualité incontestable, j'ai obtenu les résultats suivants:

Composition de l'air des conserves alimentaires.

DÉSIGNATION DES CONSERVES	OXYGÈNE	ACIDE carbonique	AZOTE
Petits pois (boîte soudée)	1.65	1.65	96.70
Haricots verts (boîte soudée)	1.57	0.78	97.65
Asperges (boîte soudée)	1.36	1.36	97.28
Champignons (boîte soudée)	»	4.44	95.56
Truffes en bon état (bouteille avec bouchon de liége)	2.12	2.12	95.76
Truffes (bouteille avec bouchon de liége)	0.44	6.30	93.26
Homard (boîte soudée)	2.50	traces	97.50
Viande de bœuf (boîte soudée)	1.57	»	98.43
Petits pois (boîte soudée)	1.47	0.49	98.04

Ces analyses démontrent, comme Gay-Lussac l'avait établi, que dans les bonnes conserves les matières alimentaires sont privées presque

complétement d'oxygène, et que la conservation a lieu dans un mélange d'acide carbonique et d'azote.

M. Pasteur admet que son ballon à col effilé et recourbé, quoique étant ouvert, est une excellente conserve.

L'assertion que je viens de rappeler a été émise depuis déjà longtemps par M. Pasteur, et elle n'a donné lieu à aucune application industrielle sérieuse.

Si elle était exacte, la pratique en aurait évidemment tiré parti, car on sait toutes les difficultés que présente le bouchage des appareils de conservation.

L'expérience vient, du reste, donner tort à M. Pasteur, tous les industriels qui se livrent à la conservation des substances alimentaires savent qu'une des principales conditions à remplir pour obtenir de bonnes conserves est de laisser le moins d'air possible dans les appareils.

En général, toutes les boîtes qui contiennent une quantité notable d'air, au moment de leur fermeture, sont perdues.

Ainsi, contrairement à l'opinion de M. Pasteur, l'oxygène joue un grand rôle dans les conserves d'Appert; si on le laisse en présence

des substances organiques, même chauffées à 100°, il peut, au bout d'un certain temps, se produire des ferments, comme je le démontrerai dans mes observations sur le lait.

En effet, il existe des corps hémiorganisés dont la force végétative n'est que paralysée par l'ébullition et qui reprennent ensuite de la vitalité.

Il est enfin une condition importante à remplir dans la préparation des conserves, et qui se trouve en opposition avec la théorie de M. Pasteur ; je veux parler du temps de la coction.

Si l'altération des substances organiques n'était produite que par les germes venant de l'extérieur, comme le pense M. Pasteur, une ébullition qui tue tous les germes végétaux devrait suffire pour rendre inaltérables les conserves de légumes et de fruits.

Il n'en est rien : tous ceux qui connaissent les détails de cette opération savent qu'une ébullition de quelques instants ne suffit pas toujours pour rendre ces préparations inaltérables ; il faut, suivant les substances que l'on veut conserver, prolonger l'ébullition, et souvent même soumettre la matière organique à une température qui dépasse 100°.

La théorie de la panspermie atmosphérique me paraît donc encore ici en défaut : tandis que la théorie de l'hémiorganisme, qui est basée sur la vitalité de certains liquides organiques, rend compte de tous les faits qui se rapportent à la conservation des aliments par la méthode d'Appert.

PRODUCTION DES FERMENTS DANS LES DIFFÉRENTS MILIEUX

Les expériences que je vais décrire ont eu pour but de déterminer le mode de génération des ferments dans différents liquides fermentescibles, tels que l'eau d'orge sucrée, l'eau de levûre sucrée, le lait, le moût de raisin et les sucs de fruits.

Il est résulté de mes observations que tous ces liquides engendrent directement, et en dehors des germes atmosphériques, les ferments qui leur conviennent.

J'exposerai d'abord les faits qui se rapportent aux infusions sucrées d'orge et de levûre de bière.

XII

Expériences sur l'orge et sur la levûre de bière.

En soumettant au lavage à l'eau froide l'orge germée qui avait été exposée longtemps à l'air, et qui, d'après M. Pasteur, devrait être recouverte de germes de ferment alcoolique, j'ai obtenu une eau trouble qui a été additionnée de sucre et mêlée à du bouillon de levûre.

Dans un autre essai, l'eau trouble provenant du lavage des grains d'orge a été additionnée de sucre, de tartrate d'ammoniaque et de phosphates ; M. Pasteur admet que ce mélange est essentiellement propre au développement des germes de ferment alcoolique.

Ces deux liquides, exposés à une température favorable à la production du ferment alcoolique, ne sont pas entrés en fermentation.

Seulement au bout d'un temps assez long, ils ont produit des moisissures dues aux spores de mycodermes qui se trouvaient à l'extérieur des grains d'orge.

Il résulte donc de cette première observation

que l'orge ne contient pas à sa surface de germes de ferment alcoolique.

XIII

L'orge, lavée à plusieurs reprises avec de l'eau distillée et entièrement débarrassée des poussières qui la recouvrent, a été placée dans de l'eau sucrée et maintenue à une température de 25°.

Les grains d'orge éprouvent dans ce cas les modifications suivantes : ils ne tardent pas à se gonfler dans l'eau sucrée ; on voit sortir de l'intérieur des grains un gaz qui est un mélange d'hydrogène et d'acide carbonique ; la liqueur se trouble, elle devient fortement acide et présente tous les caractères des fermentations alcoolique, butyrique et lactique.

Le fait capital qui résulte de cette observation, c'est qu'en suivant le phénomène avec attention, *on voit sortir le gaz de l'intérieur même des grains d'orge*. Ce dégagement de gaz rend la liqueur laiteuse ; en l'examinant au microscope, on constate dans le liquide une quantité considérable de ferment lactique qui s'est formé dans l'intérieur des grains d'orge,

et qui en a été, en quelque sorte , extrait par les bulles de gaz que les grains dégagent.

Je tiens à rappeler ici que j'ai communiqué cette observation à l'Académie des sciences dans le mois de janvier de 1872, et qu'elle a été le premier exemple de ce genre de fermentation que j'ai désignée plus tard sous le nom de *fermentation intracellulaire,* parce qu'elle se produit dans l'intérieur des organes et par conséquent en dehors de toute influence de germes atmosphériques.

Les exemples de fermentations intracellulaires sont aujourd'hui très-nombreux; on les constate dans les cellules des fruits, dans les abcès profonds, dans la fermentation ammoniacale de l'urine qui se manifeste spontanément dans la vessie, etc.

Ces sortes de fermentations, produites évidemment à l'abri des poussières atmosphériques, constituent la plus sérieuse objection que l'on puisse opposer aux théories de M. Pasteur. Je les explique au contraire bien facilement avec les idées que j'ai émises.

En effet, prenant comme exemple la fermentation intracellulaire du grain d'orge, je rappellerai que le tissu qui constitue le périsperme du grain d'orge contient de petits glo-

bules organisés assez ténus pour passer à travers nos filtres et qui ont à peine $^{1}/_{800}$ de millimètre, d'après Turpin.

Ces globules sont formés par une substance hémiorganisée vivante qui, au contact de l'air et de l'eau sucrée, se développe et donne naissance alors aux ferments qui déterminent l'altération des grains d'orge.

J'ai retrouvé ces globules, qui constituent en quelque sorte des ferments rudimentaires, dans les cellules épidermiques des fruits.

On peut, dans l'expérience que je viens de décrire, remplacer plusieurs fois le liquide acide que produit la fermentation de l'orge par une nouvelle quantité d'eau sucrée et obtenir ainsi, à l'état soluble, presque tous les principes qui existent dans l'orge.

L'amidon se change alors en dextrine, en sucre, et ensuite en acide lactique. Le gluten et les sels minéraux du grain entrent dans la constitution des ferments, et les grains finissent par se vider complétement.

Dans la théorie de l'hémiorganisme, tous ces faits se comprennent : lorsqu'on place les grains d'orge dans de l'eau sucrée, leur vie aérienne n'est pas possible ; c'est alors que commence, sous l'influence de la force végétative des

grains, ce travail de décomposition qui a pour effet de produire les ferments.

D'après la théorie de M. Pasteur, il faut supposer, pour rendre compte de la fermentation intracellulaire des grains d'orge placés dans de l'eau sucrée, que les germes atmosphériques pénètrent dans le flacon où l'expérience se produit, qu'ils traversent l'eau sucrée, et qu'ils s'introduisent dans chaque grain pour s'y développer ! Une pareille hypothèse est inadmissible.

XIV

Les expériences que je vais décrire se rapportent encore à la génération des ferments alcooliques au moyen de l'orge.

L'eau d'orge sucrée, préparée à froid et éclaircie par la filtration, a été partagée en deux parties égales : l'une seulement a été portée à l'ébullition ; l'autre a été conservée à la température ordinaire ; ces deux liquides sont ensuite placés sous une cloche de verre.

Au bout de peu de temps, l'eau d'orge qui n'a pas été soumise à l'ébullition entre en fermentation et produit des quantités considé-

rables de ferment; tandis que le liquide qui a été chauffé reste limpide et ne forme pas d'organismes.

Cette observation bien simple me paraît démontrer clairement que la génération des ferments est due uniquement au liquide organique dans lequel se trouve une substance hémiorganisée vivante, qui, au contact de l'air, peut produire des ferments tant qu'elle n'est pas tuée par la chaleur.

En effet, si les ferments étaient engendrés par les germes de l'air, l'ébullition, qui n'enlève rien au liquide, lui laisserait la faculté de nourrir les germes atmosphériques; ce qui cependant n'a pas lieu, puisque la liqueur exposée à l'air n'entre plus en fermentation lorsqu'on l'a fait bouillir.

Pour établir une différence entre la génération des moisissures et celle des ferments, et démontrer que si les poussières atmosphériques engendrent des moisissures elles ne peuvent pas produire le ferment alcoolique, j'ai étudié la fermentation de l'eau d'orge sucrée dans des vases de formes différentes présentant des obstacles destinés à arrêter les poussières.

J'ai versé de l'eau d'orge sucrée dans un vase de verre contenant quatre supports en verre

placés les uns au-dessous des autres, et j'ai exposé l'appareil à une température favorable à la fermentation.

La génération des ferments s'est produite de la même façon dans toutes les parties du liquide ; chaque plateau en verre s'est recouvert d'une grande quantité de ferments qui était à peu près la même ; seulement, au bout d'un certain temps, des moisissures se sont développées à la surface du liquide.

J'ai répété la même expérience dans un appareil différent du précédent.

L'eau d'orge sucrée a été introduite dans un large tube de verre, présentant un grand nombre de courbures, dont les deux extrémités étaient ouvertes et par conséquent exposées au contact de l'air : le tube recourbé était entièrement rempli par le liquide.

Là encore, les parties du liquide soumises à l'influence de l'air se sont recouvertes de moisissures, tandis que des quantités à peu près égales de ferment se sont déposées dans chaque sinuosité du tube.

Il m'est facile de tirer de ces observations quelques conséquences en faveur de la thèse que je soutiens.

On voit d'abord que, contrairement à l'asser-

tion de M. Pasteur, des ferments et des moisissures peuvent s'engendrer simultanément dans un même liquide.

En employant les appareils que j'ai décrits, on constate en outre que les moisissures se forment seulement dans les parties du liquide qui sont en contact avec l'air, tandis que les ferments s'engendrent également dans toutes les parties de la liqueur.

N'est-il pas évident que si les ferments dérivaient, comme les moisissures, des germes apportés par l'air, on devrait constater principalement leur formation à la surface du liquide, comme cela arrive pour les mycodermes? c'est ce qui n'a pas lieu.

Je trouve donc dans ces expériences une nouvelle démonstration de la génération des ferments par les liquides organiques.

XV

Les observations que j'ai faites sur l'eau de levûre sucrée viennent confirmer complétement celles que j'ai décrites sur la fermentation de l'orge.

Elles prouvent que la levûre de bière peut, comme un grand nombre d'organismes vivants, engendrer des ferments en dehors de l'influence des germes atmosphériques.

On sait que l'eau de levûre sucrée, préparée à froid, entre rapidement en fermentation par le contact de l'air et qu'elle produit un abondant dépôt de levûre de bière.

Si cette liqueur est portée à l'ébullition et soumise ensuite à l'influence de l'air, elle a perdu le pouvoir d'engendrer des ferments; elle se recouvre seulement, au bout de quelque temps, de moisissures produites par les spores atmosphériques des mycodermes.

Ce phénomène se comprend facilement dans la théorie de l'hémiorganisme.

La levûre contient en effet dans son intérieur de petits globulins vivants qu'elle a créés, et qui, placés dans de l'eau sucrée et au contact de l'air, se développent en produisant de la levûre de bière.

Mais, dans la théorie de M. Pasteur, le phénomène me paraît absolument inexplicable.

La levûre de bière, d'après M. Pasteur, ne peut dériver que d'un germe atmosphérique.

C'est l'eau de levûre sucrée soumise à la filtration et parfaitement limpide qui, dans

l'observation que je discute, produit de la levûre de bière.

D'où ce germe vient-il? Il peut se trouver, suivant M. Pasteur, à l'extérieur des grains de levûre ou bien dans l'air.

Je soutiens qu'il n'est pas fixé à l'extérieur du grain de levûre: nous venons de voir en effet que l'eau de levûre filtrée donne naissance à de la levûre de bière : ce germe, si l'on admet son existence, est donc assez ténu pour passer à travers nos filtres.

S'il en est ainsi, de la levûre de bière mise en suspension dans l'eau et agitée, sans être écrasée, devrait donner une liqueur qui, sous l'influence du sucre, des sels ammoniacaux et des phosphates, produirait de la levûre de bière.

L'expérience prouve que l'eau de lavage de la levûre, préparée dans les conditions que je viens d'indiquer, ne donne pas de levûre.

On ne peut donc pas admettre l'existence des germes de levûre à l'extérieur des grains.

Les germes de levûre de bière sont-ils apportés par l'air atmosphérique? Cette hypothèse ne peut pas être admise plus que la première.

En effet qu'est-ce que le germe de la levûre de bière? qui l'a jamais vu? qui a jamais pu le recueillir?

Nous avons dit précédemment que dans les poussières de l'air et que dans du coton ayant servi à filtrer de grandes quantités d'air, on ne trouvait jamais de germes de ferment alcoolique.

En outre, si la levûre de bière était produite par des germes atmosphériques, pourquoi l'eau de levûre sucrée, qui convient si bien au développement de la levûre, perdrait-elle, sous la seule influence de l'ébullition, la propriété d'engendrer de la levûre, par l'action de l'air?

Tous ces raisonnements prouvent que la levûre de bière ne provient ni de l'air, ni de l'extérieur des grains de levûre : elle ne peut venir que de l'intérieur même de ces organismes qui la créent d'abord à l'état rudimentaire et avec une ténuité qui lui permet de passer à travers nos filtres.

La fermentation des eaux d'orge et de levûre sucrées démontre donc que la levûre de bière est créée par l'organisation même et qu'elle ne dérive par de germes atmosphériques.

Je viens d'établir qu'une cellule libre, comme la levûre de bière, contient dans son intérieur des corpuscules vivants qui, au contact de l'air, produisent la levûre.

D'un autre côté Cagniard-Latour a prouvé que lorsqu'on introduit de la levûre de bière dans de l'eau sucrée, cette levûre engendre extérieurement, par bourgeonnement, de la levûre de bière.

En présence de ces observations, qui établissent si clairement le mode de génération des ferments par les organismes mêmes, je ne comprends donc pas que M. Pasteur refuse aux corps organisés vivants la possibilité de créer des ferments lorsqu'on les place dans des conditions où la vie aérienne devient impossible.

J'ai institué depuis longtemps un grand nombre d'expériences sur la levûre de bière, dont le but principal est de rechercher si un ferment aussi bien défini que la levûre peut engendrer d'autres ferments, lorsqu'on fait varier les conditions qui l'altèrent.

Cette partie de mes recherches n'est pas encore complète : je peux dire néanmoins que mes observations confirment pleinement celles de M. Trécul.

J'ai vu souvent la levûre de bière, en s'altérant, produire des ferments nouveaux, qui agissent alors sur les corps fermentescibles et opèrent des transformations que la levûre fraîche n'avait pas pu réaliser.

Mes observations sur l'orge et la levûre de bière, que je viens de résumer, me paraissent donc confirmer le principe de l'hémiorganisme, que j'oppose à celui de la panspermie atmosphérique.

COMPOSITION CHIMIQUE DE LA LEVURE

Méthode générale d'analyse du tissu des végétaux.

Il est naturel que, dans un travail qui traite de la génération des ferments, je fasse connaître la méthode qu'il convient d'employer pour déterminer la composition d'un des ferments les plus importants, qui est la levûre de bière.

On sait depuis longtemps que la levûre présente une constitution très-complexe : elle contient une quantité considérable de substance albumineuse, des corps gras, des matières minérales et un élément membraneux, non azoté, insoluble dans l'eau et dans les liqueurs alcalines, formant en quelque sorte le tissu et l'enveloppe de la cellule.

M. Pasteur, s'appuyant sur les travaux de Payen, considère les membranes de la levûre comme formées de *cellulose*.

Je me trouve sur ce point en désaccord avec M. Pasteur: mes observations établissent, en effet, que le tissu de la levûre n'est pas aussi simple que le croit mon savant confrère; en appliquant à l'analyse immédiate de la levûre les méthodes que j'ai fait connaître dans mes recherches sur la composition des tissus ligneux, on reconnaît que dans la partie insoluble de la levûre, la substance organique non azotée se trouve associée aux autres substances qui accompagnent ordinairement la cellulose dans l'organisation végétale.

Comme ces méthodes d'analyse organique immédiate sont peu connues, et que dans les ouvrages récents on considère encore, avec Payen, le tissu des végétaux comme formé de cellulose, je crois devoir décrire la marche qu'il faut suivre pour déterminer la nature des éléments qui constituent le squelette des végétaux.

C'est, du reste, ce mode d'analyse organique que j'ai appliqué à l'analyse de la levûre; en le faisant connaître ici, je ne sortirai pas de mon sujet.

On sait que Payen considérait tous les tissus des végétaux comme formés essentiellement par une substance neutre, la *cellulose*, qui dans l'organisation végétale se trouvait plus ou moins solidifiée par un corps de nature indéterminée, qu'il a désigné sous le nom de *matière incrustante*.

Ce n'est pas ainsi que je représente la composition du squelette des végétaux ; j'admets d'abord l'existence de plusieurs espèces de corps cellulosiques qui, dans les tissus, se trouvent unis intimement avec d'autres substances pouvant être distinguées de la cellulose par plusieurs caractères très-nets.

Dans l'analyse immédiate des végétaux, on n'employait guère que l'eau, l'alcool, l'éther et quelques dissolvants rendus faiblement acides ou alcalins.

C'est à ce point que j'ai pris l'analyse immédiate du squelette des végétaux ; j'ai prouvé qu'en faisant usage de réactifs énergiques et en ayant recours à des méthodes qui rappellent celles de la chimie minérale, on pouvait aller plus loin et analyser un tissu végétal comme on analyse un minerai.

Cette détermination analytique des différents éléments qui constituent le squelette des végé-

taux m'a paru présenter, à différents points de vue, un véritable intérêt.

Lorsqu'on connaît bien, en effet, la nature et les propriétés des principes qui forment le tissu complexe des végétaux, lorsqu'on est à même d'en déterminer la proportion, il devient facile de résoudre plusieurs questions d'organisation qui se rapportent à la physiologie végétale ; on peut suivre, par exemple, dans les plantes, le développement et les transformations des éléments qui les constituent.

L'industrie elle-même peut mettre à profit les données fournies par l'analyse chimique sur la composition du squelette végétal.

En effet, dans le rouissage et dans la fabrication de la pâte à papier au moyen de la paille ou du bois, le but principal qu'on se propose est de dégager la partie fibreuse des éléments utriculaires qui la retiennent.

Ces opérations deviennent faciles lorsqu'on connaît exactement la nature et les propriétés des principes immédiats qui entrent dans le tissu des végétaux.

Il résulte d'observations que je poursuis depuis un grand nombre d'années, qu'un tissu végétal qui présente souvent au microscope une constitution homogène, et dont les cellules pa-

raissent formées d'une seule substance, contient cependant les éléments suivants :

1° *La pectose :* c'est le corps insoluble que j'ai découvert dans le tissu utriculaire des végétaux, et dont le caractère distinctif est de produire de la *pectine*, soluble dans l'eau par l'action des acides même très-faibles.

2° *Le pectate de chaux*, dont on constate la présence dans le tissu des végétaux au moyen de l'acide chlorhydrique étendu, qui le décompose en enlevant la chaux et en isolant l'acide pectique que l'ammoniaque dissout facilement.

3° *Les corps cellulosiques*, qui peuvent être immédiatement solubles dans le réactif ammoniaco-cuivrique, ou qui deviennent solubles dans ce réactif, après l'action des acides.

4° La substance que j'ai nommée *vasculose*, qui est abondante dans les vaisseaux des plantes, et qui accompagne presque toujours les corps cellulosiques dans les tissus des végétaux.

Il est facile de distinguer la vasculose des corps cellulosiques ; elle en diffère par un grand nombre de caractères.

La vasculose est insoluble dans l'acide sulfurique bi-hydraté qui dissout les corps cellulosiques ; elle est attaquée à froid par l'acide

azotique, par le chlore et par les hypochlorites et devient soluble dans les alcalis; elle résiste à l'action des dissolutions alcalines même concentrées ; mais elle se dissout dans les alcalis, sous l'influence de la pression; les hydrates alcalins fondus dissolvent rapidement la vasculose, se colorent en brun, dégagent de l'hydrogène et produisent les acides ulmiques.

Dans les mêmes conditions, les substances cellulósiques se dissolvent dans les alcalis, mais sans les colorer, et produisent simplement des oxalates et des carbonates alcalins.

5° *La cutose*. J'ai désigné sous ce nom la matière organique très-remarquable qui forme les membranes extérieures du tissu des végétaux.

Elle présente quelques caractères communs avec la vasculose ; elle est, en effet, attaquable à chaud par l'acide azotique, par le chlore et par les hypochlorites ; elle n'est pas sensiblement attaquée par l'acide azotique froid et étendu ; elle est insoluble dans l'acide sulfurique bi-hydraté ; mais on la distingue immédiatement de la vasculose par les deux caractères suivants :

Les dissolutions concentrées de potasse, qui n'exercent aucune action sur la vasculose, saponifient très-rapidement la cutose ;

En outre, l'acide azotique bouillant trans-

forme la cutose en acide subérique ; tandis qu'en agissant sur la vasculose il produit une résine jaune acide soluble dans les alcalis.

Les faits que je viens de rappeler permettent d'exécuter l'analyse du tissu végétal le plus complexe.

Dans ce but, on commence d'abord par soumettre le tissu à l'action des dissolvants neutres, en suivant la méthode que M. Chevreul a découverte et qui a rendu de si grands services à la science ; on le soumet ensuite à l'action de réactifs plus énergiques.

Détermination de la pectose.

On fait bouillir le tissu pendant quelques instants avec de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique.

Sous cette influence, la pectose se change en pectine, soluble dans l'eau, que l'on précipite par l'alcool.

La proportion de pectine ainsi obtenue permet d'apprécier la quantité de pectose qui se trouvait dans le tissu organique.

Comme on pourrait confondre la pectine

avec d'autres substances précipitables par l'alcool, on doit toujours s'assurer que la pectine, produite dans la réaction précédente, se transforme, à froid, en pectates insolubles, lorsqu'on la soumet à l'action de l'eau de chaux ou à celle de l'eau de baryte.

Détermination du pectate de chaux.

Pour apprécier la quantité de pectate de chaux qui se trouve quelquefois en abondance dans des tissus organiques tels que certaines moelles, on les traite d'abord, à froid, par de l'acide chlorhydrique qui décompose le pectate de chaux, enlève la chaux et laisse l'acide pectique à l'état insoluble.

Après ce premier traitement, le tissu est lavé à l'eau chaude, puis soumis à l'action de l'ammoniaque qui forme du pectate d'ammoniaque soluble.

La liqueur filtrée est traitée par l'acide chlorhydrique qui précipite l'acide pectique insoluble, dont il est facile alors d'apprécier la proportion.

Détermination des corps cellulosiques.

Ces substances peuvent, comme je l'ai dit, se trouver dans l'organisation végétale sous des variétés différentes ; tantôt elles sont immédiatement solubles dans le réactif ammoniaco-cuivrique, comme cela arrive pour le coton et pour les fibres corticales. Dans d'autres cas, comme dans le tissu ligneux, elles ne sont complétement attaquables par le réactif ammoniaco-cuivrique qu'après avoir subi soit l'action des acides, soit celle des alcalis, ou bien encore l'influence prolongée de l'eau bouillante.

Je rappellerai en outre que les corps cellulosiques sont rarement purs et que, dans les végétaux, ils se trouvent presque toujours associés à la cutose et à la vasculose.

Dans cette analyse, on doit donc commencer par déterminer la proportion du tissu qui se dissout directement dans le réactif ammoniaco-cuivrique.

Quand cette première action est épuisée, le tissu est soumis pendant une heure à l'action de l'acide chlorhydrique étendu, puis traité de

nouveau par le réactif ammoniaco-cuivrique, qui fait connaître la proportion de corps cellulosique devenu soluble dans le réactif, par l'action des acides.

Les corps cellulosiques peuvent être encore déterminés au moyen de l'acide sulfurique bihydraté qui les dissout facilement en laissant la cutose et la vasculose à l'état insoluble.

Il est toujours utile, dans des analyses aussi délicates, de contrôler les déterminations opérées avec des corps qui dissolvent les substances cellulosiques, en ayant recours à des réactions inverses, c'est-à-dire à celles qui dissolvent la cutose et la vasculose, mais qui laissent insolubles les corps cellulosiques.

Dans ce cas, on peut employer un alcali agissant sur le tissu organique sous pression, mais mieux encore l'acide azotique.

Le tissu est traité par une petite quantité d'acide azotique ; sous cette influence, la vasculose et la cutose se dissolvent en partie ou se transforment en acides résineux solubles dans les alcalis ; les corps cellulosiques ne sont pas sensiblement attaqués.

Le tissu est soumis ensuite à l'action de l'ammoniaque qui dissout les dérivés de la cutose et de la vasculose, et qui laisse les corps cellu-

losiques dont on détermine alors directement la proportion.

Détermination de la vasculose.

Je supposerai qu'il s'agisse de doser la vasculose contenue dans un tissu ligneux, qui est formé presque exclusivement de vasculose et de corps cellulosiques.

On applique à cette détermination l'expérience que je viens de décrire.

Une quantité pesée de tissu ligneux épuisée par les dissolvants neutres et par ceux qui éliminent les composés pectiques est soumise pendant quelques heures à l'action de l'acide azotique étendu d'une petite quantité d'eau.

Le résidu lavé à l'eau d'abord est traité par l'ammoniaque qui dissout les dérivés de la vasculose.

On obtient ainsi par différence, et avec une certaine exactitude, la proportion de vasculose contenue dans le bois.

Pour déterminer directement la vasculose, il faut avoir recours à l'acide sulfurique bi-hydraté qui ne dissout que les corps cellulosiques.

Mais ce dosage est moins exact que le précédent.

Détermination de la cutose.

Je prendrai l'exemple le plus compliqué que l'on puisse rencontrer dans l'analyse immédiate d'un tissu végétal, c'est celui dans lequel les corps cellulosiques se trouvent en présence de la cutose et de la vasculose, comme cela arrive dans un grand nombre d'écorces.

J'admets que le tissu a été débarrassé des corps solubles dans l'eau et l'alcool, des matières grasses et des composés pectiques. C'est la cutose qu'il faut déterminer en premier lieu ; dans ce but, le tissu organique est soumis pendant quelques minutes à l'action d'une dissolution concentrée de potasse, qui transforme la cutose en un savon insoluble dans un excès d'alcali, mais soluble dans l'eau ; la perte de poids qu'éprouve le tissu sous l'influence de la potasse et celle de l'eau bouillante fait connaître la proportion de cutose.

Il ne reste plus alors qu'à séparer la vascu-

lose des corps cellulosiques, en suivant une des méthodes que j'ai indiquées précédemment.

Telle est la marche à suivre dans l'analyse des tissus des végétaux : en l'appliquant à l'étude de la levûre de bière, on reconnaîtra que le tissu qui existe dans cet organisme n'est pas formé exclusivement de cellulose, que cette cellulose n'est pas entièrement soluble dans le réactif cuivrique, et que le corps non azoté qui s'y trouve est toujours associé à des quantités très-notables de vasculose.

FERMENTATION DU LAIT

J'ai trouvé dans mes études sur la fermentation du lait une confirmation nouvelle des idées que je soutiens.

Mais ici mes arguments contre la théorie de M. Pasteur ne sont plus de même nature que ceux qui m'ont été fournis par l'orge et la levûre : c'est dans la variété des fermentations que le lait peut produire, et dans l'influence des circonstances extérieures sur ces différentes fermentations, que je vois la preuve de la générations des ferments par le liquide même et non par les germes atmosphériques.

On sait que le lait sortant du pis de la vache et tombant dans un vase que l'on maintient à une température de 25° peut éprouver au moins cinq fermentations différentes qui sont les fermentations alcoolique, lactique, butyrique, acétique, caséique.

Faut-il admettre avec M. Pasteur que le lait trouve dans l'air du vase où ce liquide vient tomber les cinq germes différents qui peuvent opérer ces modifications ?

L'expérience démontre que le même lait se modifie différemment suivant les influences auxquelles on l'expose : il peut produire tantôt la fermentation alcoolique, tantôt la fermentation lactique, tantôt la fermentation butyrique.

Cette génération de ferments, dont la nature varie sous l'influence *des circonstances extérieures,* me paraît bien difficile à expliquer avec les idées de M. Pasteur ;

Tandis que pour rendre compte, dans la théorie de l'hémiorganisme, de la production des différents ferments du lait, il suffit d'admettre, dans le liquide, l'existence d'un corps hémiorganisé vivant, qui se modifie au contact de l'air atmosphérique, comme tous les organismes vivants, et qui peut engendrer alors plusieurs espèces de ferments.

Les produits de la fermentation du lait dépendront donc de la vie du caséum et de ses modifications, sous l'influence des circonstances extérieures auxquelles le lait aura été soumis.

Le ferment qui s'engendre dans une liqueur alcaline n'étant pas le même que celui qui se forme dans un liquide acide, les produits d'altération du lait varieront avec la réaction du liquide.

La théorie de l'hémiorganisme n'explique pas seulement la production des nombreux ferments que le lait peut engendrer, elle rend compte également des méthodes qui le conservent.

Elle apprend en effet que les réactions qui tuent le caséum du lait ou qui s'opposent à son développement organique devront opérer la conservation du lait; c'est ce que l'observation confirme.

Seulement il faut se rappeler qu'il existe une différence importante entre l'albumine et le caséum :

L'albumine, en dissolution dans l'eau, est coagulée et tuée au-dessous de 100°; tandis que le caséum n'est pas coagulé par l'ébullition.

Par conséquent le lait peut conserver sa force génératrice, lors même qu'on l'a chauffé à 100° ; tandis que dans de pareilles conditions tous les organismes albumineux sont tués.

Ainsi, dans la théorie de la panspermie atmosphérique, les nombreuses fermentations du lait sont inexplicables ; elles s'interprètent au contraire très-facilement dans la théorie de l'hémiorganisme basée sur la vie du caséum et dont les évolutions organiques varient avec les circonstances dans lesquelles on le place.

Les expériences que je vais décrire me paraissent de nature à confirmer les principes que je viens de poser.

XVI

Cinq ballons de verre à col effilé ont été nettoyés avec le plus grand soin ; j'ai introduit dans leur intérieur une petite quantité d'eau qui a été portée à l'ébullition ; j'ai fermé ensuite à la lampe le col effilé des ballons ; j'avais donc ainsi à ma disposition des ballons de verre ne con-

tenant plus intérieurement de germes atmosphériques.

Ces ballons ont été transportés dans une étable ; j'ai entouré la pointe des ballons d'une grande quantité de coton destiné à arrêter les poussières de l'air qui pouvaient rentrer dans les ballons au moment de leur ouverture ; j'ai ensuite brisé la pointe des ballons qui se sont remplis d'air privé de germes. J'ai introduit dans ces ballons le lait sortant du pis de la vache ; les ballons ont été ensuite fermés avec soin, puis conservés dans mon laboratoire à la température de 20° environ.

Au bout de quelques jours, la fermentation s'est produite dans tous ces ballons ; le caséum s'est d'abord coagulé ; le liquide est devenu ensuite fortement acide ; il contenait de l'acide lactique et de l'acide butyrique. Sur les cinq ballons préparés, trois ont fait explosion à la suite de la quantité considérable de gaz que le lait avait dégagé.

Quelle conséquence faut-il tirer de cette expérience ?

Dans la théorie de l'hémiorganisme, le phénomène se comprend facilement : c'est le développement organique du caséum qui produit des ferments différents ; ceux-ci réagissent

alors sur le sucre du lait et deviennent la cause des altérations que je viens de signaler.

Mais dans celle de M. Pasteur, comment la fermentation du lait peut-elle être expliquée? Il faut admettre qu'en sortant du pis de la vache pour tomber dans le ballon, le lait a emprunté immédiatement à l'air les quatre germes de ferment qui se trouvaient là en disponibilité, pour produire la fermentation du liquide organique!

J'ose croire que mon explication sera préférée à celle de M. Pasteur.

XVII

J'ai introduit dans trois flacons des quantités égales du même lait : le premier contenait du lait pur; le second du lait sucré ; le troisième du lait sucré avec addition de carbonate de chaux.

Pour éviter l'influence des organismes qui se trouvent dans la craie, le carbonate de chaux employé dans mes expériences a toujours

été préparé artificiellement par précipitation.

Les trois flacons contenant le lait ont été exposés à une température de 30°.

Le premier a éprouvé la fermentation lactique, le second les fermentations lactique et alcoolique, le troisième les fermentations lactique, alcoolique et butyrique.

Ces différentes fermentations d'un même liquide, qu'on peut faire varier presque à volonté, en modifiant la constitution de la liqueur, me paraissent démontrer que c'est le liquide lui-même qui produit les ferments, qu'il ne les emprunte pas à l'atmosphère et que les conditions extérieures exercent une grande influence sur la nature des ferments qu'un milieu organique peut produire.

VIII

Du lait sucré a été introduit dans un ballon à col effilé, recourbé et ouvert, puis soumis pendant quelques instants à l'ébullition.

J'ai laissé refroidir ce liquide dans un appareil qui ne pouvait pas donner accès aux poussières

de l'air, et je l'ai exposé ensuite à une température de 25° environ.

Le lait est entré en fermentation ; il a donné de l'acide lactique, de l'acide butyrique, de l'alcool, en dégageant, soit de l'acide carbonique, soit de l'hydrogène.

J'aï varié cette expérience à l'infini en opérant sur du lait pur ou sur du lait mélangé à du carbonate de chaux, sur du lait sortant du pis de la vache ou sur du lait exposé à l'air pendant des temps différents avant son ébullition.

Dans tous ces essais, j'ai toujours constaté l'altération et la fermentation du lait.

Ces faits me paraissent complétement en faveur de la théorie de l'hémiorganisme.

M. Pasteur admet qu'il suffit de faire bouillir un liquide qui tient en suspension des germes de ferments pour les tuer. Il a déclaré également qu'une liqueur abandonnée dans un ballon à col recourbé et effilé peut préserver ce liquide de l'influence des germes atmosphériques.

Or, du lait placé dans ces conditions est bien à l'abri de toute influence de germes extérieurs.

Je constate cependant que le lait bouilli, abandonné dans l'appareil de M. Pasteur, entre en fermentation.

Donc le lait a le pouvoir de créer des germes de ferments.

M. Pasteur dira probablement qu'une température de 100° est insuffisante pour tuer les germes de ferments et que l'ébullition du lait n'a pas détruit les germes qui se trouvaient dans le liquide.

Cette argumentation ne peut être acceptée.

Je sais que des organismes albumineux supportent une *température sèche* de 100° sans se décomposer : j'ai constaté moi-même que l'albumine séchée dans le vide conserve sa solubilité lors même qu'on la chauffe à 130° : mais l'albumine est coagulée et tuée bien au-dessous de 100° lorsqu'elle est en dissolution dans l'eau.

Je n'admets donc pas qu'un organisme albumineux puisse rester vivant dans de l'eau bouillante.

Si le caséum du lait, qui n'est pas un organisme albumineux, n'a pas été tué par une ébullition de quelques instants, c'est que ce corps n'est pas coagulé, comme l'albumine, lorsqu'on expose sa dissolution à 100°.

Je viens de citer des expériences qui démontrent que le lait conserve encore sa force génératrice lorsqu'il a été porté à l'ébullition, mais qu'il ne résiste pas à l'influence d'une

température plus élevée et même à l'action prolongée d'une température qui est au-dessous de 100°.

C'est sur ce principe qu'est fondée la conservation du lait par la méthode d'Appert.

Dans de nombreuses observations, j'ai constaté qu'on peut conserver du lait en le chauffant à 130°, à 120°, à 110°, et même au-dessous de 100°, à la condition de prolonger la coction pendant un certain temps.

J'ai reconnu également que l'air laissé dans les appareils exerce une grande influence sur la conservation du lait : l'altération est beaucoup plus rapide dans les ballons qui contiennent de l'air que dans ceux qui en ont été complétement purgés ; le fait que j'ai constaté dans les conserves d'Appert se présente également pour le lait.

Mes études sur la fermentation du lait me permettent donc d'opposer à la théorie de M. Pasteur les arguments suivants :

1° Le lait soumis à la température qui tue tous les ferments éprouve encore plusieurs espèces de fermentations.

2° Le lait qui sort du pis de la vache et qui tombe dans un flacon contenant de l'air privé de germes fermente toujours.

3° En faisant varier la réaction du lait, en le rendant neutre, alcalin ou acide, on peut lui faire éprouver à volonté des fermentations différentes.

Tous ces faits me paraissent inexplicables dans la théorie de M. Pasteur, et confirment au contraire les idées que j'ai émises sur la génération des ferments par les liquides organiques vivants.

FERMENTATION DU JUS DU RAISIN

Cette fermentation, en raison de son importance, est une de celles que je devais étudier avec le plus de soin. J'ai donc institué sur la fermentation du jus de raisin et sur les altérations du vin un grand nombre d'expériences dont je ferai connaître les principaux résultats.

Je rappellerai d'abord, à l'occasion de la fermentation du jus de raisin, le principe que j'ai déjà énoncé, en parlant de la fermentation des autres liquides sucrés.

La fermentation du jus de raisin se comprend très-facilement, si l'on admet la vitalité de ce liquide et si on lui accorde le pouvoir de créer directement des ferments différents, sous l'influence de l'oxygène atmosphérique.

Cette fermentation devient inexplicable si l'on veut en chercher la cause dans les prétendus germes de ferments qui existeraient dans l'air atmosphérique.

M. Pasteur admet que la fermentation d'une cuve de vendange est produite soit par les germes de ferment alcoolique qui existent en suspension dans l'air et qui tombent dans la cuve, soit par les germes de ferment, provenant de l'air, qui sont attachés à la surface du grain de raisin ou à la rafle.

Dans ces derniers temps M. Pasteur a insisté beaucoup plus sur les germes attachés à la surface des grains que sur les germes atmosphériques; mais comme dans sa théorie de la panspermie atmosphérique, *tout vient de l'air, c'est-à-dire de l'extérieur,* les germes attachés aux fruits ne peuvent avoir, d'après M. Pasteur, qu'une origine atmosphérique.

L'explication que je donne de la fermentation du suc de raisin est complétement différente de celle qui est adoptée par M. Pasteur.

Selon moi, c'est le raisin lui-même qui produit sa levûre, et il ne l'emprunte jamais à l'atmosphère.

Dans cette théorie, le ferment alcoolique du raisin a deux origines : il peut pro-

venir soit de la pulpe, soit du suc de fruit.

Lorsqu'on détache du grain de raisin la pellicule qui le recouvre, on trouve dans les cellules épidermiques du fruit une quantité innombrable de petits granules organisés qui, au contact de l'air, se transforment en ferment alcoolique du raisin.

Le suc du fruit peut également produire du ferment, à la manière du moût d'orge et de l'eau de levûre sucrée.

Ce suc filtré ne présente il est vrai aucun corpuscule organisé, mais il contient une substance plasmatique vivante, qui en s'organisant au contact de l'air peut engendrer le ferment alcoolique.

Ainsi, dans la cuve de vendange, le ferment alcoolique est créé non-seulement par les cellules du fruit, mais aussi par la substance hémiorganisée vivante que le suc contient.

Il en est de même pour le vin une fois produit : *j'admets en effet que le vin, semblable au jus de raisin, engendre lui-même les ferments qui le modifient et qu'il ne les emprunte jamais à l'atmosphère.* Ce liquide est encore vivant et jouit d'une force génératrice énergique. La substance hémiorganisée qui s'y trouve peut, soit dans le tonneau, soit dans les bouteilles,

engendrer des organismes et produire tous ces ferments qui deviennent la cause de la maladie des vins.

La nature de ces ferments dépend de la composition du vin et des circonstances dans lesquelles le liquide a été placé.

On sait que M. Pasteur, appliquant aux maladies des vins sa théorie de la panspermie atmosphérique, a été obligé d'admettre que *l'air atmosphérique contient, à l'état de germes, tous les ferments qui peuvent altérer les vins !*

L'énoncé d'une pareille proposition soulève de bien graves objections.

Si l'air apportait, comme le croit M. Pasteur, les germes de ferments qui doivent altérer les vins, ces liquides étant produits à l'air et se trouvant enfermés dans des vases qui contiennent de l'air devraient toujours s'altérer ; on sait qu'heureusement il n'en est rien.

Le vin ne contient donc en aucune façon les germes de ferments de maladie ; mais on y trouve une certaine quantité de cette matière hémiorganisée vivante qui était si abondante dans le suc de raisin, et qui au contact de l'air peut engendrer des ferments divers.

L'art de la production et de la conservation

du vin ne consiste pas à détruire des germes de ferments atmosphériques, *mais à diriger, au profit du vin, cette vie du liquide organique qui donne à la liqueur son arome et sa qualité.*

Ce mouvement vital du vin se produit différemment dans le tonneau et dans la bouteille : le tonneau est un appareil poreux qui, semblable aux cellules organiques, permet à l'oxygène d'intervenir en quelque sorte par endosmose ; la bouteille est un appareil imperméable dans lequel le vin n'agit que sur ses propres éléments.

On voit que ces principes, sur la génération des ferments du vin, sont bien différents de ceux qui ont été émis par M. Pasteur.

En effet, dans la production du vin et dans le développement de ses maladies, je ne fais jouer aucun rôle aux poussières atmosphériques ; c'est dans la vie même du liquide organique que je trouve les causes de sa fermentation et des transformations qu'il peut éprouver.

J'arrive aux expériences que j'ai entreprises sur le raisin.

XIX

Dans mes études sur la fermentation du raisin, mon premier soin a été d'examiner séparément les différents éléments qui constituent le fruit; il importait, en effet, de rechercher si le ferment se trouvait dans le suc ou dans la partie utriculaire du fruit et d'examiner sous quelles influences les ferments peuvent se former.

Pour résoudre ces questions, j'ai soumis les grains de raisin aux préparations suivantes :

1° J'ai enlevé d'abord la pulpe du raisin, que j'ai lavée avec le plus grand soin ;

2° Les membranes intérieures du grain ont été extraites et débarrassées de tout liquide organique ;

3° La pulpe, pressée sur un linge fin, a produit un suc trouble ;

4° Ce suc trouble, soumis à la filtration, a donné un précipité et une liqueur claire.

J'ai donc séparé du fruit quatre parties différentes, qui sont la pulpe extérieure, les membranes intérieures, le suc clair, et un corps qui, au moment de la compression du fruit, est

en suspension dans le suc et le rend trouble.

J'ai examiné successivement ces quatre parties du fruit.

La pellicule extérieure du fruit et les membranes intérieures, ayant été privées par le lavage de tout liquide fermentescible, ont été mises au contact de l'eau sucrée, à une température de 30°.

Il m'a été facile de reconnaître que ces deux sortes de membranes agissaient sur le sucre, mais avec une grande lenteur ; elles produisent de l'alcool et dégagent un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène : la pellicule extérieure du raisin agit avec plus de rapidité sur le sucre lorsqu'on ne lui enlève pas par le grattage les cellules épidermiques qu'elle retient, et dans lesquelles se trouvent les petits organismes plasmatiques qui sont destinés à produire le ferment alcoolique.

Je crois que, par elles-mêmes, ces membranes extérieures bien purifiées ne devraient pas agir sur le sucre ; si j'ai constaté une action fermentescible, c'est que la pellicule extérieure contenait encore quelques cellules épidermiques.

Ce n'est donc pas dans l'action des membranes intérieures ou extérieures des grains de raisin qu'il faut chercher l'origine du ferment alcoolique.

Il n'en est pas de même pour le suc trouble que l'on obtient en filtrant grossièrement sur un linge fin le raisin écrasé.

De tous les éléments du grain de raisin, le suc trouble est celui qui fermente avec le plus de rapidité, mais ici se présentent plusieurs questions intéressantes à résoudre : quelle est la partie de ce suc qui produit la fermentation ? le ferment est-il engendré par le liquide, ou existe-t-il déjà dans le corps qui trouble la liqueur ?

Examinant au microscope la substance insoluble du suc de raisin, en faisant abstraction des tartrates insolubles et cristallisés qui s'y trouvent, j'ai vu qu'elle est formée principalement par un corps azoté présentant une trame d'organisation incomplète ; elle contient en outre une quantité considérable de petits corpuscules organisés provenant évidemment des cellules adhérentes à la pellicule du grain. Ce précipité introduit dans de l'eau sucrée a déterminé rapidement sa fermentation. C'est évidemment là le corps qui produit la fermentation des cuves de vendange : les germes de l'air n'ont exercé aucune influence sur sa formation et son organisation, puisqu'on peut l'observer immédiatement dès que le suc trouble sort du grain.

En étudiant l'action de l'air atmosphérique sur le suc du raisin, j'ai constaté que l'air agit rapidement sur le liquide : l'oxygène est absorbé, la matière azotée se précipite, elle s'ajoute au corps insoluble qui préexistait dans le suc et se réunit bientôt sous la forme d'un coagulum abondant.

Quand le suc s'est éclairci par l'exposition à l'air et par des filtrations successives, on reconnaît qu'il perd ses facultés fermentescibles à mesure qu'il devient plus limpide, et qu'un suc absolument clair peut être conservé pendant un mois sans éprouver de fermentation; tandis que le même suc fermente au bout de douze heures lorsqu'il est trouble ou qu'il peut se troubler à l'air.

Ainsi le principal agent de fermentation du suc de raisin est le corps insoluble qui se trouve en suspension dans la liqueur trouble, ou celui qui se forme lorsque le suc est exposé à l'air.

Je ne veux pas dire cependant que du moût de raisin éclairci à l'air n'entrera plus en fermentation ; j'affirme seulement qu'il existe une différence bien marquée entre les facultés fermentescibles d'un jus de raisin trouble sortant du grain écrasé et celles d'un suc qui a été éclairci à l'air.

Je trouve déjà, dans ces premières observations sur le raisin, des faits qui sont en opposition avec la théorie de M. Pasteur.

En effet, comment M. Pasteur peut-il expliquer ce pouvoir de fermentation que j'ai constaté dans les organismes qui sont en suspension dans le suc même du raisin et qui sortent évidemment des cellules épidermiques? Si dans un suc de raisin les ferments étaient produits par les germes atmosphériques, pourquoi du suc de raisin éclairci par des filtrations répétées au contact de l'air, et saturé par conséquent de germes atmosphériques, fermente-t-il beaucoup plus difficilement que le suc trouble qui sort du germe du raisin?

Les faits suivants que je vais analyser conduisent aux mêmes conclusions.

XX

J'ai ouvert les cellules épidermiques qui adhèrent à la pellicule extérieure du grain de raisin, j'en ai extrait les granulations plasmatiques qui s'y trouvaient et je les ai mises en suspension dans du jus de raisin qui avait été complétement paralysé par l'ébullition.

Cette liqueur abandonnée à l'étuve pendant quelque temps est entrée en fermentation et a produit du ferment alcoolique.

Ainsi, du suc de raisin bouilli ne fermente pas ; mais lorsqu'on le met en présence de la substance hémiorganisée qui existe dans le raisin, il entre en fermentation : cette expérience ne démontre-t-elle pas, avec une certaine rigueur, la génération du ferment alcoolique par l'organisation elle-même en dehors de l'influence des germes atmosphériques ?

J'ajouterai ici qu'en lavant avec soin des grains de raisin, en recueillant les poussières qui les recouvrent et les introduisant dans le suc du raisin bouilli, je n'ai jamais constaté le phénomène de fermentation que produisent si facilement les organismes extraits de l'intérieur du grain.

XXI

Après avoir étudié les propriétés fermentescibles des différentes parties du raisin, j'ai dû rechercher si le suc du raisin extrait de l'intérieur d'un grain de raisin et conservé à l'abri

des poussières de l'air entrerait en fermentation.

A la suite d'une communication de M. Pasteur sur le même sujet, j'ai disposé un appareil qui me permettait d'étudier cette question.

Il se composait principalement d'un petit tube de verre effilé, dans lequel j'introduisais quelques gouttes d'eau ; en portant cette eau à l'ébullition, je chassais l'air et je tuais en même temps les germes qui pouvaient exister dans l'intérieur du tube ; l'air étant expulsé, je fermais à la lampe la partie effilée du tube, lorsque l'appareil était encore rempli de vapeur : un pareil tube ainsi privé d'air devenait propre à aspirer le suc du fruit. Comme la pointe du tube devait être cassée dans l'intérieur du grain de raisin, j'avais pratiqué d'avance un léger trait de lime sur la partie effilée du tube, pour faciliter l'opération.

En enfonçant ensuite la pointe du tube dans un grain de raisin, et la cassant au moyen du trait de lime, il m'a été possible d'introduire du suc de raisin dans le tube, et d'étudier sa fermentation. J'ajoute que pour éviter la rentrée de l'air ordinaire dans l'intérieur du tube, au moment où le suc s'y précipite, le grain de raisin était soudé sur un tube de verre conte-

nant du coton, au milieu duquel passait la pointe effilée du tube : si l'air extérieur rentrait dans le petit tube effilé, il était donc obligé de traverser le coton destiné à arrêter les germes atmosphériques.

La fermentation du suc extrait ainsi directement de l'intérieur d'un grain de raisin a donné les résultats les plus variables.

Dans certains cas, le suc de raisin introduit dans de petits tubes de verre entrait en fermentation ; mais dans d'autres cas, je pouvais le conserver indéfiniment sans altération : j'ai reconnu que ces différences d'action dépendaient des dimensions du tube et du rapport qui existait entre le volume du suc de raisin et celui de l'air laissé dans l'appareil.

Lorsque le tube ne contient plus qu'une petite quantité d'air, le liquide absorbe rapidement l'oxygène qui s'y trouve, et est ainsi préservé de toute fermentation.

L'appareil employé par M. Pasteur pour étudier la fermentation du suc extrait de l'intérieur d'un grain de raisin présente quelques-uns de ces inconvénients.

Je dirai en outre que, lorsqu'on enfonce dans un grain de raisin un tube effilé, que l'on casse ensuite dans l'intérieur du fruit, on tra-

verse nécessairement un certain nombre de cellules épidermiques qui contiennent les corpuscules organisés vivants dont j'ai parlé précédemment, et qui produisent le ferment alcoolique.

Par tous ces motifs, je suis donc persuadé que les observations faites sur du suc de raisin extrait de l'intérieur du fruit et introduit ensuite dans des appareils fermés, ne peuvent pas être invoquées pour résoudre les questions qui se rapportent à la génération du ferment alcoolique des fruits.

Il faut donc chercher ailleurs la solution de cet important problème.

XXII

L'expérience de Gay-Lussac constitue certainement une des objections les plus graves que l'on puisse opposer aux théories de M. Pasteur.

Je l'ai répétée un grand nombre de fois, en la variant de différentes manières ; je suis donc en mesure de faire ressortir ici les conséquences que l'on peut en tirer.

On sait qu'il résulte de l'expérience faite par Gay-Lussac que du raisin écrasé à l'abri de l'air, dans une éprouvette remplie de mercure,

ne fermente pas ; mais que ce raisin entre en fermentation dès qu'on fait passer une certaine quantité d'air dans l'éprouvette.

Au lieu d'admettre avec Gay-Lussac que, dans cette expérience, l'air avait pour effet de déterminer l'organisation de la substance azotée et de la changer en ferment, M. Pasteur applique encore ici sa théorie de la panspermie atmosphérique ; il soutient que si l'air introduit dans l'éprouvette détermine la fermentation du suc de raisin, c'est qu'il apporte les germes de ferment alcoolique qu'il contenait.

D'après M. Pasteur, les germes de ferment proviennent non-seulement de l'air, mais aussi des poussières apportées par le mercure et des germes qui se trouvent à la surface des grains de raisin.

Comme l'exactitude de l'expérience de Gay-Lussac a été niée par des chimistes éminents et que M. Pasteur, dans une de ses dernières communications, a déclaré que dans l'expérience de Gay-Lussac le jus de raisin devait entrer en fermentation si on le gardait pendant un temps suffisant, j'ai dû répéter l'expérience de Gay-Lussac dans les circonstances les plus variées, et en conservant longtemps le suc avant de le mettre au contact de l'oxygène.

Mes expériences ont été faites dans les conditions suivantes et répétées plusieurs fois.

Des grains de raisin sont introduits dans une éprouvette remplie de mercure, et lavés environ vingt fois avec de l'acide carbonique pur ; je les écrase ensuite avec une baguette de verre préalablement chauffée et sortant d'une éprouvette remplie d'acide carbonique.

J'ai conservé *pendant une année* cette éprouvette sur ma cuve à mercure, en la chauffant avec de l'eau tiède lorsque la température extérieure venait à baisser.

Eh bien, pendant ce temps, le raisin écrasé à l'abri de l'air n'a pas présenté l'apparence même de la fermentation ; la pulpe a conservé son aspect verdâtre.

Ce premier fait étant une fois bien acquis, j'ai fait passer dans l'éprouvette 2 ou 3 centimètres cubes d'oxygène dégagé par le chlorate de potasse, que je chauffais dans un tube effilé ; toutes les parties du tube avaient été préalablement portées au rouge pour détruire les germes de l'air.

Au bout de deux jours, le raisin était en pleine fermentation.

Ainsi, l'expérience de Gay-Lussac est d'une parfaite exactitude, et le raisin écrasé peut se

conserver indéfiniment sans fermenter lorsqu'il est préservé du contact de l'air.

J'ai voulu répéter l'expérience de Gay-Lussac dans d'autres conditions et engendrer l'oxygène en décomposant l'eau par la pile.

L'opération a été faite dans les mêmes conditions que précédemment; seulement j'avais soudé d'avance à la partie supérieure des éprouvettes deux fils de platine qui me permettaient de faire passer un courant électrique dans le suc du raisin.

J'ai donc disposé l'expérience comme celle de Gay-Lussac; après avoir écrasé à l'abri de l'air les grains de raisin, j'ai placé ces éprouvettes dans une étuve dont la température était de 30°, et je me suis assuré qu'au bout d'un mois le liquide n'éprouvait pas de fermentation.

Ce liquide a été ensuite soumis à l'action d'une forte pile qui a dégagé quelques centimètres cubes de mélange détonant; en maintenant toujours la température à 30°, j'ai constaté qu'au deuxième jour le liquide entrait en fermentation comme dans la première expérience de Gay-Lussac.

Il résulte donc de ces différents essais que c'est bien l'oxygène qui donne au raisin la faculté de fermenter, et que le ferment n'est pas apporté par les poussières de l'air.

Les expériences que je viens de décrire conduisent encore à une conséquence importante que j'opposerai à la théorie de la panspermie atmosphérique.

M. Pasteur a consigné dans les *Comptes rendus de l'Académie* l'observation suivante :

Lorsqu'on introduit, dans du suc de raisin bouilli, le suc de raisin pris dans l'intérieur du fruit, il ne se fait pas de fermentation.

Mais lorsqu'on fait arriver, dans le suc de raisin bouilli, les corpuscules qui existent à l'extérieur des grains de raisin, la fermentation se détermine aussitôt.

Donc, a dit M. Pasteur, le ferment alcoolique ne vient pas de l'intérieur du grain, mais bien de l'extérieur.

Je vais mettre ici M. Pasteur en contradiction avec lui-même et lui démontrer que l'explication à laquelle il attache tant d'importance ne peut pas être acceptée.

Si, comme il le dit, les grains de raisin contenaient à leur extérieur des grains rudimentaires de ferments et en assez grande quantité pour faire fermenter du jus de raisin bouilli, en écrasant des grains de raisin sous une éprouvette remplie de mercure, dans l'expérience de Gay-Lussac, on mettrait le ferment alcoolique

en contact avec le suc du raisin et la fermentation devrait se manifester.

Or, l'expérience démontre que le raisin écrasé dans ces conditions ne fermente pas; donc il n'existe pas de ferment alcoolique à la surface des grains de raisin, et le ferment du raisin ne prend naissance que dans l'action de l'oxygène sur la substance hémiorganisée vivante que le grain contient.

XXIII

L'expérience de Gay-Lussac m'a fait entreprendre sur la fermentation du jus de raisin un grand nombre d'essais dont je ferai connaître ici les pricipaux résultats.

Du suc de raisin a été filtré à l'air avec le plus grand soin; l'opération a duré plusieurs heures, parce que, pendant la filtration du suc, il se forme un dépôt de substance albumineuse qui bouche les pores du filtre.

La liqueur étant exposée ainsi à l'air pendant longtemps a dû entraîner tous les germes de ferments alcooliques qui, d'après M. Pasteur, existeraient dans l'air ; en outre, le liquide s'est chargé, pendant sa filtration, d'une quantité

d'oxygène suffisante pour déterminer le développement des germes atmosphériques.

J'ai introduit ce suc dans un tube bouché que j'ai renversé ensuite sur la cuve à mercure ; on sait que d'après M. Pasteur, une cuve à mercure présenterait à sa surface des quantités considérables de germes de ferments qui, dans l'expérience de Gay-Lussac, détermineraient la fermentation du suc de raisin.

Ainsi, dans cette expérience, le liquide, d'après les vues de M. Pasteur, devrait entrer en fermentation, car il contient tous les éléments qui doivent le faire fermenter.

Eh bien, il n'en est rien ; je conserve depuis plusieurs mois dans mon laboratoire des sucs de raisin filtrés à l'air et introduits dans des tubes placés ainsi sur la cuve à mercure et qui ne présentent aucune apparence de fermentation.

Cette première observation est en opposition complète avec les idées de M. Pasteur ; elle est confirmée par celles qui vont suivre.

XXIV

J'ai introduit, dans cinq tubes, du suc de raisin préparé comme celui qui a servi dans l'expérience précédente ; j'ai conservé ces tubes pendant quelques jours pour m'assurer qu'ils n'entreraient pas en fermentation, et ensuite j'ai fait passer dans ces tubes des quantités croissantes d'oxygène très-pur préparé au moyen du chlorate de potasse.

L'oxygène a déterminé très-rapidement la fermentation du suc dans les cinq tubes, et avec une rapidité qui se trouvait en rapport avec la quantité d'oxygène employé.

Ces faits me paraissent donc confirmer complétement les opinions que j'ai émises sur la vitalité des sucs organiques et sur la génération des ferments sous l'influence de l'oxygène.

XXV

L'expérience précédente a été répétée dans des conditions particulières que je vais faire connaître ; elle avait pour but d'éviter l'influence

que le mercure exerce quelquefois sur les milieux fermentescibles.

J'ai introduit du suc de raisin filtré à l'air dans vingt petits ballons en verre qui présentaient des quantités très-différentes d'air atmosphérique.

Les uns contenaient plus de la moitié de leur volume d'air, tandis que d'autres étaient presque entièrement remplis de liquide ; quelques-uns même étaient privés d'air ; le col de ces ballons a été ensuite fermé à la lampe.

Ces liquides, exposés pendant plusieurs jours à une température favorable à la fermentation, ont présenté les phénomènes suivants:

Ceux qui ne contenaient pas d'air n'ont fermenté que très-incomplétement, tandis que ceux qui contenaient de l'air ont éprouvé une fermentation dont l'intensité a été sensiblement proportionnelle à la quantité d'air laissée dans le ballon.

Tous ces faits démontrent clairement que la génération des ferments est due à la vitalité des liquides organiques entretenue par l'oxygène, et nullement à l'influence des prétendus germes atmosphériques de ferments.

XXVI

J'ai répété toutes les expériences précédentes avec du suc de raisin extrait directement à l'air, en pressant la grappe dans un linge, en opérant donc sur une liqueur trouble que je n'éclaircissais pas par la filtration, et qui devait contenir par conséquent tous les prétendus germes atmosphériques de ferment.

Les résultats que j'ai observés ont été absolument les mêmes que ceux qui ont été constatés sur le suc filtré.

Le liquide trouble conservé dans des tubes placés sur le mercure à l'abri de l'air et dont la vie se trouvait ainsi suspendue par le manque d'oxygène n'est pas entré en fermentation ; tandis que la fermentation s'est manifestée rapidement dès que le suc a reçu l'influence de l'oxygène.

La substance azotée que le suc de raisin laisse déposer, sous l'influence de l'oxygène, ne paraît donc pas exercer d'influence sur les phénomènes que j'analyse ici.

XXVII

Il m'a paru intéressant de rechercher si la présence de l'acide carbonique enlevait au suc du raisin la propriété de fermenter sous l'influence de l'oxygène.

Du suc de raisin filtré à l'air a été saturé d'acide carbonique et introduit dans un tube rempli de mercure ; le liquide conservé ainsi pendant plusieurs jours n'est pas entré en fermentation ; j'ai fait passer ensuite dans le tube la quantité d'oxygène qui dans d'autres expériences avait été suffisante pour faire fermenter le suc de raisin ; la fermentation ne s'est pas produite.

J'ai constaté en outre que du suc de raisin placé dans le vide peut se conserver sans altération.

Il résulte de ces observations que toutes les influences qui s'opposent au développement des êtres vivants tuent également le suc de raisin et suspendent sa fermentation.

Les faits que je viens de faire connaître, et qui se rapportent à la fermentation du suc de raisin, confirment donc les considérations que j'ai présentées précédemment sur la vie des liquides organiques et sur la génération des ferments par la double influence de l'oxygène et des sucs végétaux.

XXVIII

FERMENTATIONS INTRACELLULAIRES.

J'ai donné le nom de *fermentations intracellulaires* à des fermentations qui peuvent se produire dans l'intérieur des cellules organiques, par conséquent dans des conditions où les prétendus germes atmosphériques de ferments ne peuvent pas pénétrer.

C'est dans la séance de l'Académie du 29 janvier 1872 que j'ai décrit le premier phénomène de fermentation intracellulaire ; je l'ai observé, comme on le sait, sur l'orge germée.

J'ai démontré en effet que lorsqu'on abandonne

de l'orge dans de l'eau sucrée, il se produit dans l'intérieur de la graine des fermentations alcoolique, lactique et butyrique.

La fermentation est bien dans ce cas *intra-cellulaire*, car c'est de l'intérieur des grains qu'on voit sortir les bulles d'acide carbonique qui entraînent des chapelets de grains de ferments.

Cette première observation démontrait déjà que c'était de l'intérieur du grain que partait la fermentation, et que le ferment se produisait ainsi en dehors de toute influence des germes atmosphériques.

XXIX

Le 10 mars 1871, à la demande de mon savant confrère et ami M. Decaisne, j'ai placé dans de l'air atmosphérique et dans différents gaz des poires que j'avais comprimées avec le doigt, mais assez légèrement pour conserver sans altération la pellicule extérieure du fruit qui ne présentait aucune déchirure ; au bout de quelques jours les fruits étaient fortement odorants et contenaient des quantités très-notables d'alcool; une fermentation alcoolique s'était donc produite dans l'intérieur du fruit, et dans des

conditions où les poussières de l'air ne pouvaient pas exercer d'influence.

Cette production d'alcool dans ces conditions offrait un exemple incontestable d'une fermentation intracellulaire.

Depuis le 10 mars, j'ai varié et répété bien souvent l'expérience précédente, et j'ai toujours obtenu les mêmes résultats.

Pour constater d'une manière très-simple la fermentation intracellulaire des poires, il n'est même pas utile de froisser le fruit avec le doigt, comme je l'avais fait dans ma première expérience; il suffit d'abandonner pendant quelques jours des poires bien mûres dans un flacon portant un bouchon garni d'un tube laissant dégager les gaz.

Les fruits commencent d'abord par transformer l'oxygène de l'air en acide carbonique; lorsque l'atmosphère du flacon ne contient plus d'oxygène, la fermentation intracellulaire commence; il se produit alors de l'alcool et de l'acide carbonique.

L'expérience ne doit pas être prolongée longtemps lorsqu'on veut constater, par la distillation des fruits, la formation de l'alcool; car sous l'influence des ferments divers qui s'engendrent dans le tissu végétal et par l'action de l'oxygène,

l'alcool se transforme très-facilement en acide acétique ; l'atmosphère du flacon qui dans les premiers jours avait une forte odeur d'alcool devient acide, elle contient alors de l'acide acétique.

Lorsque après quelques jours d'expérimentation on examine le suc des poires et surtout les cellules qui adhèrent à la cuticule, on y trouve des grains abondants de ferment alcoolique.

XXX

Pour suivre les progrès de la fermentation alcoolique intracellulaire, on peut opérer sur la cuve à mercure, en introduisant les fruits dans des éprouvettes contenant différents gaz.

J'ai fait passer de petites poires bien mûres dans deux éprouvettes placées sur la cuve à mercure : l'une contenait de l'oxygène, l'autre de l'hydrogène.

Dès les premiers jours, j'ai constaté un dégagement d'acide carbonique dans l'éprouvette contenant de l'hydrogène, tandis qu'il se produisait une absorption très-notable dans celle où se trouvait l'oxygène : cette absorption était due à la transformation de l'oxygène de l'air en

acide carbonique, et ensuite à l'absorption de cet acide carbonique par le suc du fruit.

Bientôt cette absorption s'est arrêtée, et alors le dégagement d'acide carbonique s'est manifesté régulièrement dans cette éprouvette comme dans la première.

La fermentation alcoolique intracellulaire a eu lieu dans les deux cas : il s'est produit de l'alcool, et les sucs de fruits examinés au microscope contenaient en abondance, comme dans l'expérience précédente, des grains de ferment alcoolique.

XXXI

J'ai introduit des grains de raisin dans un large tube qui, d'un côté, se trouvait en communication avec un dégagement de gaz, et qui, de l'autre côté, présentait une partie effilée plongeant dans la cuve à mercure.

Au moyen de cette disposition, il m'était facile d'étudier la fermentation intracellulaire du raisin placé dans différents gaz.

Lorsque je voulais mettre l'expérience en activité, je n'avais qu'à fermer à la lampe une partie du tube qui avait été étranglée d'avance.

En opérant dans des éprouvettes placées sur le mercure et contenant des gaz différents, je pouvais également étudier la fermentation intracellulaire des raisins soumis exactement aux mêmes conditions que les poires dont j'ai parlé précédemment.

Ces dispositions ont été appliquées à d'autres fruits, tels que les cerises et les groseilles.

Je n'ai pas à insister longuement sur les résultats de ces essais, car ils rappellent exactement ceux que j'avais constatés sur les poires.

Tous ces fruits, une fois soustraits à l'influence de l'oxygène, ont éprouvé la fermentation intracellulaire ; ils ont donné naissance à de l'acide carbonique et à de l'alcool; en examinant les sucs après la fermentation, j'ai toujours constaté dans ces liquides la présence de ferments organisés.

Lorsque l'expérience était faite dans l'oxygène, le gaz, se transformant en acide carbonique, était d'abord absorbé par le suc du fruit ; mais lorsque le liquide se trouvait saturé d'acide carbonique, le dégagement du gaz continuait d'une manière assez régulière.

XXXII

Je ne me suis pas contenté seulement d'étudier la fermentation intracellulaire des fruits placés dans différents gaz, mais je l'ai examinée également sur des fruits plongeant dans plusieurs espèces de liquides, surtout dans l'eau sucrée.

Ces études ont été faites sur du raisin, des groseilles et des cerises.

Il résulte de mes essais que, dans ces conditions, la fermentation intracellulaire se produit peut-être encore avec plus d'énergie que quand les fruits sont placés dans les gaz.

Tout le sucre des fruits disparaît; le péricarpe devient opaque par l'action de l'alcool, et présente l'apparence d'un fruit qu'on aurait plongé dans de l'eau-de-vie.

Les cellules se distendent par le dégagement intérieur d'acide carbonique; ce gaz détermine ensuite la rupture du tissu cellulaire; on trouve dans le suc de fruit fermenté de gros grains de ferment; en un mot, tout démontre que la fermentation s'est produite à l'abri de l'air dans l'intérieur du fruit.

XXXIII

Conséquences à tirer des fermentations intracellulaires.

On sait que dans la séance du 7 octobre 1872, M. Pasteur est venu annoncer à l'Académie la production de l'alcool et de l'acide carbonique dans l'intérieur des fruits.

A cette époque les résultats que j'avais constatés le 10 mars sur la fermentation intracellulaire des poires n'étaient pas encore publiés, et M. Pasteur n'avait pas connaissance d'un travail sur le même sujet dû à MM. Lechartier et Bellamy.

Voyant que sa théorie des poussières atmosphériques n'était plus applicable aux fermentations intracellulaires, M. Pasteur eut recours à une interprétation théorique inadmissible; il soutint que la production de l'alcool dans les cellules d'un fruit n'est pas une fermentation, parce qu'il ne retrouvait pas dans le suc de fruit les cellules de ferment alcoolique qu'il a décrites dans ses mémoires.

Je me suis empressé de dire alors à mon

confrère, qu'en admettant, pour un moment, que dans les fermentations intracellulaires on ne retrouve pas de ferments connus (*ce qui n'est pas*), le fait ne suffirait pas pour affirmer que la fermentation ne s'est pas produite.

Je disais alors devant l'Académie :

M. Pasteur connaît-il bien toutes les formes de ferment alcoolique? elles changent avec les différents fruits; il en existe de presque imperceptibles qui ont à peine $^1/_{800}$ de millimètre de grosseur, tandis que la levûre de bière arrive à $^1/_{100}$ de millimètre.

Les ferments alcooliques étant organisés n'arrivent pas immédiatement à leur grosseur normale : M. Pasteur peut bien ne pas avoir aperçu ceux qui se trouvaient dans les cellules des fruits.

Les séminules globuleuses qui se trouvent dans l'eau de levûre et dans l'infusion d'orge sont à peine visibles, et cependant ce sont elles qui engendrent les ferments de la bière.

Voit-on les ferments qui produisent les fermentations diastasique et pepsinique?

Poussé à bout par tous ces raisonnements, M. Pasteur est arrivé à déclarer qu'il ne considérait comme fermentation véritable que celle qui est produite par un ferment organisé,

vivant, et caractérisé par ses formes mêmes.

Contrairement à mon confrère, j'ai soutenu qu'une fermentation était définie, non par le ferment qui la détermine, mais par les produits qui la caractérisent.

Je donne le nom de fermentation alcoolique à toute modification organique qui peut, en dédoublant le sucre, produire principalement de l'acide carbonique et de l'alcool.

La fermentation lactique est caractérisée par la transformation des sucres ou de la dextrine en acide lactique.

La fermentation diastasique est celle qui change l'amidon d'abord en dextrine, ensuite en glycose.

C'est ainsi qu'il faut, selon moi, définir les fermentations. Si l'on fait reposer, comme le veut M. Pasteur, la définition des fermentations sur les descriptions des formes que les ferments peuvent affecter, on s'expose aux plus graves erreurs.

XXXIV

La discussion sur les fermentations intracellulaires, posée comme je viens de le dire,

était déjà bien défavorable à M. Pasteur ; la découverte des ferments organisés qui se produisent dans l'intérieur des fruits pendant la fermentation intracellulaire me paraît la démonstration rigoureuse de l'hémiorganisme.

En sortant d'une séance de l'Académie, M. Pasteur m'a dit qu'il s'avouerait vaincu si je constatais la présence d'un ferment organisé dans l'intérieur des cellules des fruits.

La présence des ferments organisés dans les cellules de fruits qui ont éprouvé la fermentation intracellulaire ne peut plus être mise aujourd'hui en doute.

Dans la séance du 28 octobre 1872, je suis venu faire à l'Académie la déclaration suivante:

« J'ai examiné bien souvent au microscope les sucs et le parenchyme des fruits avant ou après la fermentation, et j'affirme que j'y ai trouvé une quantité considérable de corpuscules qui présentent toute l'apparence des ferments organisés. »

Semblable à tous les organismes en voie de développement, le ferment alcoolique peut se présenter sous les formes les plus diverses ; il existe déjà, mais à l'état insaisissable, dans le suc du grain de raisin que l'on fait sortir du fruit par la pression, et qui paraît clair; bientôt

il apparaît sous l'aspect de petits corpuscules microscopiques très-ténus; prenant ensuite un nouveau développement, il se précipite au fond des liqueurs avec la forme et les dimensions bien connues des grains de levûre.

Après ces considérations sur le développement du ferment alcoolique, je suis arrivé à donner l'explication de la fermentation intracellulaire.

Tant que les fruits se trouvent dans l'air atmosphérique, c'est-à-dire dans une atmosphère oxygénée, ils vivent, ils respirent, et ne fermentent pas; ils transforment l'oxygène de l'air en acide carbonique; si ce dernier gaz est remplacé par une nouvelle quantité d'oxygène, comme cela arrive dans l'air libre, la décomposition organique des fruits ne se produit pas.

Mais lorsque les fruits sont maintenus dans de l'acide carbonique, dans de l'azote ou dans de l'hydrogène, leur respiration normale ne peut plus s'effectuer; c'est alors que commence le travail de la décomposition organique, et que les cellules créent les ferments dont la présence s'annonce par la formation de l'alcool.

C'est dans ces considérations physiologiques qu'il faut chercher la véritable explication de la fermentation intracellulaire, et non dans

cette théorie spécieuse proposée par M. Pasteur, qui tendrait à établir que la fermentation alcoolique d'une liqueur n'est réelle que lorsqu'on y retrouve le ferment alcoolique avec ses dimensions ordinaires, qui sont presque invariables, et qui se montrent de *prime-saut*.

XXXV

GÉNÉRATION DE PRIME-SAUT DES FERMENTS

La fermentation intracellulaire produite dans l'intérieur des tissus organiques où les ferments ne sont pas immédiatement visibles a conduit M. Pasteur à proposer la théorie de la génération de prime-saut des ferments.

Il m'a été impossible d'admettre avec M. Pasteur que dans des liqueurs qui fermentent, telles que l'eau de levûre sucrée, l'infusion d'orge sucrée, les sucs de fruit, *les cellules de ferments ne passent pas par des états intermédiaires d'organisation et apparaissent de prime-saut !*

Ainsi un ferment organisé, comme la levûre de bière, apparaîtrait tout d'un coup avec une forme et une dimension qui ne varient pas !

Un pareil principe sera nécessairement repoussé par tous les physiologistes; le développement est en effet le caractère essentiel de tous les corps organisés et vivants.

Si le ferment est vivant, il doit obéir à cette loi générale de l'organisation.

Du reste la belle découverte de Cagniard-Latour n'a jamais été contestée par M. Pasteur ; elle démontre nettement le phénomène de développement organique des bourgeons qui apparaissent sur un grain de levûre.

Pour ma part, j'ai observé bien souvent des sucs de fruits après leur fermentation, et j'ai toujours constaté que les cellules de ferment qui s'y trouvaient présentaient les dimensions les plus variables; ce qui indique clairement leur accroissement organique.

M. Trécul, dont la compétence dans de pareilles questions ne peut pas être contestée, affirme qu'en suivant la génération des ferments dans les liquides les plus divers, il a toujours reconnu que ces organismes commençaient par un pointillé presque inperceptible et qu'ensuite, entre ces grains élémentaires et ceux qui étaient arrivés à leur complet développement, venaient se placer des organismes de toutes les dimensions.

Ici donc M. Pasteur est en désaccord non-seulement avec les principes de la physiologie, mais avec tous les observateurs qui se sont occupés du même sujet que lui.

Cette théorie de la génération de prime-saut des ferments soutenue par M. Pasteur m'a permis d'adresser à mon confrère l'objection suivante, que je crois très-grave.

D'après M. Pasteur, lorsqu'un suc de raisin bien clair éprouve, à l'air, la fermentation alcoolique, c'est qu'il reçoit des germes du ferment alcoolique qui se trouvent en suspension dans l'air.

Or M. Pasteur ne dit plus comme autrefois que ces germes sont insaisissables et invisibles. Aujourd'hui il peut isoler ces germes et les décrire. Il les trouve à la surface des grains de raisin ; il leur donne un nom. Ces germes atmosphériques du ferment alcoolique sont pour M. Pasteur les *germes du Mycoderma vini*.

D'un autre côté, M. Pasteur admet que dans un suc de raisin qui fermente à l'air, les cellules de ferment apparaissent de prime-saut sans passer par des états intermédiaires d'organisation. Comment M. Pasteur peut-il faire accorder ces deux faits?

Je vois dans ces deux affirmations, ou bien une contradiction qui frappera tout le monde, ou un aveu qui est l'abandon du principe de la panspermie atmosphérique que M. Pasteur a soutenu jusqu'à présent.

En effet, si les ferments viennent de l'air et si le ferment apparaît de prime-saut dans un moût de raisin, M. Pasteur est obligé d'admettre que ce qu'il a nommé jusqu'à présent le germe du ferment alcoolique n'est autre chose que le ferment alcoolique lui-même avec sa forme et ses dimensions connues.

La théorie de la génération de prime-saut du ferment alcoolique exige donc que le ferment alcoolique du raisin se trouve dans l'air, tel qu'on l'observe dans un suc de raisin qui fermente.

M. Pasteur reculera certainement lui-même devant les conséquences forcées de ses théories; il n'essayera pas de soutenir que l'air contient dans toutes les localités, et avec leur grosseur normale, ces cellules de ferment que l'on observe dans du moût de raisin qui fermente à l'air.

Si M. Pasteur avait admis que les germes atmosphériques de ferment étaient invisibles et insaisissables, il pouvait échapper à l'ob-

jection que je viens de reproduire; mais les faits relatifs à la fermentation intracellulaire ayant conduit M. Pasteur à soutenir la génération de prime-saut des ferments, et par conséquent l'existence dans l'air de ferments organisés, la panspermie atmosphérique ne peut plus être défendue.

De toutes les observations que j'avais à opposer aux théories de M. Pasteur, il n'en est donc pas de plus importantes que celles qui se rapportent à la génération de ferments organisés dans l'intérieur des tissus des végétaux, c'est-à-dire dans des parties où l'air ne peut pas pénétrer.

Dans tout le cours de mes recherches sur les fermentations, cette génération intracellulaire des ferments m'est apparue de la manière la plus nette et la plus incontestable.

Au début de la discussion j'ai annoncé que de l'orge introduite dans de l'eau sucrée éprouve une fermentation intracellulaire et que les ferments une fois produits sont extraits des grains par les bulles d'acide carbonique.

Plus tard j'ai démontré que c'était aussi dans l'intérieur des tubes de certains mycodermes que se formaient les organismes qui peuvent

ensuite fonctionner comme ferments : le fait est certain, car au microscope on constate la présence des ferments organisés dans l'intérieur des tubes mycodermiques.

Ensuite, après avoir constaté la fermentation intracellulaire des poires, j'ai retrouvé des ferments organisés dans l'intérieur du tissu utriculaire des fruits fermentés.

Étudiant la fermentation intracellulaire du raisin, j'ai également constaté la présence des ferments organisés dans les cellules des fruits où les germes de l'air n'avaient pas pu pénétrer.

Enfin M. Pasteur a lui-même présenté à l'Académie les observations de MM. Lechartier et Bellamy, qui ont constaté la présence de la levûre bourgeonnante à divers degrés de développement dans les tissus internes de pommes dont la surface était bien saine et qui avaient été tenues dans des vases fermés. M. Trécul, dans les critiques si justes qu'il a de son côté adressées à M. Pasteur, n'a pas manqué de rappeler ce fait important constaté par les anciens élèves de notre confrère.

Que pourrais-je ajouter encore à toutes les démonstrations que je viens de donner ? Quel est le savant qui pourrait admettre aujourd'hui,

avec M. Pasteur, que l'organisme n'engendre pas les ferments, que ces agents de décomposition viennent toujours de l'extérieur et qu'ils sont produits par des germes atmosphériques ?

Au mois de novembre 1872, je connaissais tous les faits qui sont consignés dans ce mémoire ; aussi ai-je pu dire à l'Académie dans la séance du 11 novembre :

« Si mon savant confrère le désire, j'admettrai l'exactitude de ses expériences, *même de celles que je n'ai pas encore répétées.* » Il était bien entendu qu'en acceptant l'exactitude des expériences de M. Pasteur, je me réservais de démontrer que l'interprétation qu'il leur donnait n'était pas admissible.

Tout le monde a compris la valeur de cette déclaration ; on a vu que si j'admettais, *même sans contrôle*, les expériences de M. Pasteur, c'est qu'elles me donnaient raison et qu'elles tournaient contre ses théories.

Mon confrère s'est emparé de ma déclaration, l'a commentée à sa manière, et s'est empressé d'annoncer à l'Académie que la discussion était terminée, puisque je ne contestais pas l'exactitude de ses expériences, seul point auquel il ait toujours tenu

J'ai dit à M. Pasteur qu'il ne fallait pas jouer sur les mots : il sait, mieux que personne, que dans cette discussion les expériences ne sont instituées que pour en tirer des conséquences, et que le débat ne peut pas être clos à sa satisfaction, comme il voudrait le faire croire, lorsque je soutiens que toutes les expériences, même les siennes, me donnent raison.

Je viens de parler de fermentations intracellulaires produites dans l'intérieur des tissus lorsque les végétaux sont placés dans des conditions où leur respiration normale et leur développement régulier ne peuvent pas s'accomplir.

Mais l'organisation animale n'offre-t-elle pas également des exemples nombreux de décompositions intérieures dues évidemment à l'action des ferments de maladie qui se développent dans des organes où l'air ne pénètre pas ?

Ainsi la décomposition du sang dans les abcès profonds, la fermentation ammoniacale de l'urine dans l'intérieur de la vessie, sont des phénomènes de fermentations intracellulaires qui se produisent évidemment en dehors de l'influence des poussières atmosphériques.

Il ne m'appartient pas de discuter ici la théo-

rie des pansements dans lesquels on trouve de l'avantage à préserver les parties malades du contact de l'air.

Les bons résultats incontestables qui ont été obtenus dans cette pratique chirurgicale sont dus à différentes causes, et plutôt à l'absence de l'oxygène qu'à l'élimination des germes atmosphériques.

On évite les phénomènes redoutables de la putréfaction, c'est-à-dire de la fermentation putride, comme on arrête la fermentation d'un suc de fruit en préservant le milieu fermentescible du contact de l'oxygène, qui donne aux organismes vivants le pouvoir d'engendrer les ferments.

Qu'il me soit permis de dire ici que mon registre de laboratoire est rempli d'expériences sur la fermentation que je n'ai pas décrites dans ce travail et que je ne publierai peut-être jamais.

Si je renonce à cette publication, c'est que les faits relatifs à la fermentation intracellulaire m'ont paru rendre inutile toute nouvelle démonstration de l'impossibilité des théories de M. Pasteur sur la panspermie atmosphérique.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Je me suis proposé de prouver dans ce travail que les ferments ne sont pas engendrés par des germes atmosphériques, mais qu'ils sont produits par les milieux organiques vivants.

J'ai voulu démontrer en outre qu'il existe une différence considérable entre la génération des moisissures et celle des ferments : les moisissures ont deux origines : elles peuvent être produites par les poussières atmosphériques et par les milieux organiques ; tandis que les ferments ne sont engendrés que par l'organisation.

En un mot, la théorie de la panspermie atmosphérique émise par M. Pasteur, c'est-à-dire la génération des ferments par les poussières de l'air, ne me paraît plus soutenable, parce que M. Pasteur n'a jamais démontré l'existence des germes de ferments dans les poussières de l'air, et qu'il est établi aujourd'hui que les fermentations les plus diverses se produisent dans l'intérieur des cellules organiques où les poussières de l'air ne pénètrent pas.

Je vais résumer rapidement les observations principales qui confirment ces principes :

1° Les poussières de l'air produisent des moisissures lorsqu'on les sème dans des liquides altérables.

Ces mêmes poussières introduites dans des milieux fermentescibles ne déterminent pas de fermentation, comme cela devrait être cependant dans la théorie de M. Pasteur, si les ferments étaient formés réellement par des germes atmosphériques.

2° Une pluie abondante et prolongée entraîne les organismes atmosphériques et enlève à l'air la propriété de produire des moisissures, tandis qu'elle n'apporte aucun obstacle aux phénomènes de fermentation : la cause des fermentations ne se trouve donc pas dans l'air.

3° Un air pur pris sur une montagne élevée n'engendre pas de moisissures, d'après M. Pasteur, parce qu'il ne contient pas de germes d'organismes ; mais le même air peut déterminer des fermentations : tout le monde sait en effet que sur les plus hautes montagnes on produit le vin, le fromage, le vinaigre et le pain comme dans les villes ; il existe donc une différence essentielle entre la génération des moisissures et celle des ferments ; les fermentations sont, comme on le voit, absolument indépendantes des poussières contenues dans l'air.

4° Pour démontrer que l'air ne contient pas de germes de ferments, j'ai composé la liqueur, qui, d'après M. Pasteur, convient le mieux au développement des ferments, je l'ai abandonnée pendant plusieurs jours au contact de l'air : ce liquide, dans des observations multipliées, n'est pas entré en fermentation, tandis qu'après un temps assez long il s'est couvert de moisissures. On doit donc admettre que l'air contient des germes de moisissures, mais non des germes de ferment.

5° Les observations précédentes perdraient toute leur valeur, si la présence des moisissures dans un liquide organique paralysait l'action des ferments ; c'est ce que M. Pasteur avait avancé.

Mais je me suis assuré que les moisissures et les ferments alcooliques peuvent se produire et agir simultanément sur des milieux fermentescibles.

Lorsqu'on expose à l'air un suc de fruit il se couvre rapidement de moisissures; en le soumettant ensuite à la distillation on en retire des quantités considérables d'alcool.

Les moisissures et la fermentation alcoolique se sont donc produites simultanément.

Si une liqueur sucrée qui convient parfaitement au développement du ferment alcoolique n'entre pas en fermentation lorsqu'on l'expose à l'air, tandis qu'elle se couvre de moisissures, c'est que l'air ne contient pas de germes de ferments et qu'il s'y trouve des germes de moisissures.

6° Un suc de fruits soumis à l'ébullition n'entre plus en fermentation lors même qu'il est exposé à l'air; mais il se moisit presque toujours.

Cette expérience bien simple me paraît démontrer nettement l'absence des germes de ferments dans l'air atmosphérique.

Si en effet des germes de ferments existaient dans l'air, en s'introduisant dans le suc soumis à l'ébullition, ils devraient déterminer sa fermentation; c'est ce qui n'a pas lieu.

L'ébullition qui a tué le liquide ne lui a pas enlevé cependant la faculté de nourrir les organismes, puisque les moisissures s'y développent rapidement ; j'ajouterai qu'en y introduisant une trace de ferment on détermine immédiatement sa fermentation.

Toutes ces observations prouvent donc que la force de génération des ferments se trouve dans les milieux organiques et non dans l'air atmosphérique.

7° M. Pasteur, ayant reconnu sans doute l'impossibilité de démontrer la présence des germes de ferments alcooliques dans l'air atmosphérique, a admis que ces ferments se trouvaient à la surface des grains de raisin.

L'expérience de Gay-Lussac vient encore renverser cette hypothèse.

Si les grains de raisin présentaient à leur surface une levûre alcoolique, en les écrasant à l'abri de l'air ils devraient entrer en fermentation : or, on sait que dans ces conditions le suc de raisin mis au contact de la pulpe ne fermente jamais.

Les grains de raisin ne sont donc pas couverts de ferment alcoolique comme le croit M. Pasteur : le ferment alcoolique se montre seulement lorsque le liquide vivant, sortant du

grain, a reçu le contact de l'air, qui agit alors comme dans tous les phénomènes d'organisation, en apportant l'oxygène utile à la génération du ferment.

Si l'air contenait des germes de ferment alcoolique, du suc de raisin filtré à l'air et introduit dans un tube placé sur le mercure devrait entrer en fermentation : l'expérience prouve que, dans ces conditions, le suc de raisin ne fermente pas ; donc il n'existe de germes de ferment ni dans l'air ni dans le suc de raisin.

8° Les fermentations que j'ai nommées *intracellulaires* portent un coup décisif à la panspermie atmosphérique que soutient M. Pasteur.

Il est, en effet, établi aujourd'hui par un grand nombre d'expériences et d'observations, que les ferments et les fermentations se produisent dans l'intérieur même des tissus et des cellules, c'est-à-dire dans des conditions où l'air ne peut pas apporter les particules solides qu'il tient en suspension.

C'est ce que démontrent les observations suivantes :

Les grains de céréales placés dans de l'eau sucrée déterminent rapidement la fermentation du liquide ; c'est de l'intérieur du

grain que part la fermentation du liquide ; c'est de là que sortent et l'acide carbonique et les grains de levûre.

Tous les fruits mûrs abandonnés dans des flacons remplis d'air transforment en peu de temps l'oxygène en acide carbonique et produisent des quantités considérables d'alcool, à la suite d'une fermentation intracellulaire dans laquelle les particules solides de l'air ne peuvent pas intervenir.

Les tubes mycodermiques engendrent dans leur intérieur des corpuscules organisés qui sont de véritables ferments, dont la génération est dans ce cas encore indépendante des poussières de l'air.

Enfin, toutes les altérations morbides de tissus ou de liquides qui se produisent dans l'organisation sont de véritables fermentations intracellulaires dont la cause ne peut pas être attribuée aux particules solides de l'air, car l'air ne pénètre pas dans ces tissus.

9° Si, comme je crois l'avoir établi dans ce travail, la génération des ferments n'est pas produite par les poussières de l'air, elle ne peut être due qu'aux milieux fermentescibles mêmes.

J'admets en effet que les ferments sont tou-

jours engendrés, soit par les cellules vivantes, soit par les liquides organiques qui contiennent des parties vivantes, lors même que le microscope ne permet pas de saisir la forme organique de ces êtres que j'ai désignés sous le nom de corps hémiorganisés.

Cette vitalité des liquides organiques, que j'ai établie par des expériences directes, rend compte facilement de la production de cinq ou six ferments différents par un même liquide tel que le lait ; tandis que la théorie pansperpermique de M. Pasteur conduit à admettre dans l'air la présence d'une quantité innombrable de ferments invisibles et insaisissables, dont l'existence n'a jamais été établie.

M. Pasteur croyait avoir donné une démonstration rigoureuse de sa théorie de la panspermie atmosphérique en montrant du sang, de l'urine, du suc de raisin, conservés sans altération et dont il attribuait la conservation à l'absence des germes atmosphériques.

Ces observations de M. Pasteur sont loin de présenter l'importance qu'il suppose.

J'ai conservé, en effet, dans mon laboratoire, plusieurs liquides organiques qui n'éprouvent pas d'altération, et qui cependant ont été recueillis dans l'air ordinaire.

Ce résultat peut s'expliquer facilement ; en effet les liquides organiques vivants perdent leur propriété d'engendrer les ferments, non-seulement lorsqu'on les tue par la chaleur, par les agents chimiques énergiques, par l'alcool, etc., mais aussi lorsqu'on les abandonne dans un air qui perd une certaine quantité de son oxygène.

C'est précisément ce qui arrive dans les appareils de M. Pasteur.

Dans les ballons à col effilé, lors même qu'ils sont ouverts à leur extrémité, l'air éprouve une modification rapide sous l'influence des liquides ; leur force d'organisation se trouve alors suspendue : dans ce cas, il est vrai, les substances organiques ne s'altèrent plus ; la conservation n'est pas due, comme le croit M. Pasteur, à l'absence des germes atmosphériques, mais à l'air qui s'est modifié et qui n'est plus propre au développement des organismes.

Il résulte donc de toutes ces observations que la panspermie atmosphérique n'a jamais été démontrée, et qu'il n'existe pas une seule expérience prouvant l'existence dans l'air de germes de ferments.

10° Les principes que je soutiens dans ce travail conduisent à des conséquences bien dif-

férentes de celles qui résultent des recherches de M. Pasteur.

S'il s'agit par exemple de la conservation des substances alimentaires par la méthode d'Appert, M. Pasteur déclare que pour préserver les matières organiques de l'altération, il faut tuer simplement les germes que l'air introduit dans l'intérieur des appareils ou qu'il a déposés à la surface des corps que l'on veut conserver.

Ces recommandations me paraissent absolument insuffisantes : pour arriver à une conservation convenable des substances alimentaires, il ne faut pas seulement détruire les germes de moisissures que l'air contient accidentellement, mais on doit avant tout tuer les liquides organiques qui engendrent les ferments, et les placer dans des conditions où leur vie est impossible, en absorbant rapidement l'oxygène que l'air des appareils peut contenir.

Quant à l'altération des liquides organiques et principalement aux maladies des vins, les principes qui résultent de mes recherches sont différents aussi de ceux qui ont été émis par M. Pasteur.

Je n'admets pas que les ferments qui déterminent les maladies des vins viennent de l'atmosphère : ils sont dus à la vie même du li-

quide organique qui s'exerce dans de mauvaises conditions.

Les préoccupations des personnes qui ont à surveiller les vins malades doivent donc porter sur le travail vital du vin , c'est-à-dire sur le liquide même, et non, comme le conseille M. Pasteur, sur les particules solides que l'air apporte dans le vin.

Sous le rapport de la médecine, de l'hygiène et de la thérapeutique, mes conclusions sur la génération des ferments de maladie sont également en opposition avec celles que M. Pasteur a posées.

En effet les travaux de M. Pasteur mettent grandement l'air atmosphérique en suspicion : d'après lui, c'est dans l'air qu'il faut chercher tous les germes de ferments et probablement aussi les germes de presque toutes les maladies contagieuses !

Pour moi, au contraire, l'air atmosphérique est l'élément vivifiant par excellence : s'il transporte accidentellement des miasmes, des germes de moisissures, des insectes nuisibles, c'est lui qui le plus souvent les altère et les détruit.

Loin d'attribuer à l'air la cause de nos maladies, je pense qu'il faut la chercher dans les *altérations spontanées* qu'éprouvent les

organes vivants : c'est à la suite de ces altérations que naissent les ferments redoutables.

En un mot, c'est dans l'organisation même que le médecin doit combattre la génération des ferments de maladie, et non dans l'air, qui ne les transporte que dans des cas exceptionnels.

On voit que la thérapeutique aura recours à des pratiques bien différentes suivant qu'elle adoptera les idées de M. Pasteur ou celles que j'ai développées dans ce mémoire.

Le partisan des théories de M. Pasteur cherchera dans l'air les causes des maladies qu'il veut combattre : celui qui admettra mes principes s'occupera spécialement des organes vivants et fera tous ses efforts pour éviter leur altération spontanée qui engendre toujours les ferments destructeurs.

Tout en insistant ici sur la génération des ferments de maladie par les organismes mêmes, je ne voudrais pas cependant que l'on donnât à ces considérations une exagération qui n'est pas dans ma pensée : je m'empresse donc de déclarer que, dans certaines maladies, l'influence des poussières atmosphériques, tout en étant accidentelle, ne doit pas être négligée.

En traitant des moisissures, j'ai dit qu'elles

pouvaient être produites, soit par les liquides organiques vivants, soit par les poussières atmosphériques.

Il en est de même pour les ferments de maladie : leur origine est dans l'organisation même : mais ces ferments, comme tous les corps légers, peuvent être entraînés par l'air ; le praticien, qui redoute avec raison dans certains cas leur influence, agit donc sagement en préservant les surfaces absorbantes de certaines particules albumineuses qui peuvent contenir des ferments de maladie, et dont la présence a même été constatée dans l'air des salles d'hôpitaux.

L'infection est due alors à deux causes, comme dans les phénomènes de moisissures.

L'organisation engendre les ferments de maladie, et l'air les transporte.

Tel est le résumé des travaux que je poursuis depuis bien longtemps sur la génération des ferments.

Ils m'ont permis, comme on l'a vu, de trouver dans les organismes les agents qui produisent les fermentations, et de faire dériver de la vie elle-même les causes de destruction qui amènent la mort.

En terminant, je suis heureux d'adresser ici tous mes remercîments à un jeune et habile chimiste, M. Maudet, qui, dans le cours de ce travail, m'a assisté avec la plus grande intelligence.

TABLE DES MATIÈRES



6

PUBLICATIONS DU MÊME AUTEUR.

Traité de Chimie générale, analytique, industrielle et agricole, par Pelouze et Fremy, membres de l'Institut. 3e édition, entièrement refondue, avec nombreuses figures dans le texte.

Cette 3e édition comprend sept volumes grand in-8o compactes et une table alphabétique générale formant un volume à part.

Prix de l'ouvrage complet........................... 100 fr.

Abrégé de Chimie, par MM. Pelouze et Fremy, membres de l'Institut. Nouvelle édition entièrement remaniée et conforme au nouveau programme de l'enseignement scientifique des lycées. 3 vol. grand in-18, avec 161 figures intercalées dans le texte..... 8 fr.

On peut avoir séparément :

1re *partie :* Généralités. Métalloïdes. 1 vol. avec 83 figures.. 3 fr.
2e *partie :* Métaux et Métallurgie. 1 vol. avec 48 figures.. 3 fr.
3e *partie :* Chimie organique. 1 vol. avec 30 figures .... 3 fr.

Notions générales de Chimie, par Pelouze et Fremy, membres de l'Institut. 1 beau volume imprimé avec luxe, accompagné d'un atlas de 24 planches en couleur, cartonné............... 10 fr.
— *Le même ouvrage*, édition classique, avec 24 planches en noir 5 fr.

Le métal à canon, par M. E. Fremy, membre de l'Institut. 1 vol. in-8o.. 2 fr. 50 c.

Clichy. — Imprimerie de Paul Dupont, rue du Bac-d'Asnières, 12.

